# الجغرافيا الطبيعية

الدكتور
هاشم محمد صالح



# الجغرافيا الطبيعية

# الجغرافيا الطبيعي


تاليف

الدكتور

هاشم محمد صالح



الطبعة الأولى

2014م – 1435هـ




رقم الإيداع لدى دائرة المكتبة الوطنية (2012/5/1596)

910.02

صالح، هاشم محمد

الجغرافيا الطبيعية/ هاشم محمد صالح.- عمان: مكتبة المجتمع العربي للنشر والتوزيع، 2012

(   ) ص

ر.إ.: 2012/5/1596

الواصفات: /الجغرافيا الطبيعية

- يتحمل المؤلف كامل المسؤولية القانونية عن محتوى مصنفه ولا يعبر هذا المصنف عن رأي دائرة المكتبة الوطنية أو أي جهة حكومية أخرى.



**الطبعة العربية الأولى**

**2014م – 1435هـ**




عمان – وسط البلد – ش. السلط – مجمع الفحيص التجاري

تلفاكس 4632739 ص.ب. 8244 عمان 11121 الأردن

عمان – ش. الملكة رانيا العبد الله – مقابل كلية الزراعة –

مجمع زهدي حصوة التجاري

www: muj-arabi-pub.com

Email: Moj_pub@hotmail.com

ISBN 978-9957-83-158-5 (ردمك)

# فهرس المحتويات

| الموضوع | الصفحة |
| --- | --- |

| الموضوع | الصفحة |
| --- | --- |

| الموضوع | الصفحة |
|---|---|

| الموضوع | الصفحة |
| --- | --- |

| الموضوع | الصفحة |
| --- | --- |

| الموضوع | الصفحة |
| --- | --- |

# الجغرافيا الطبيعية



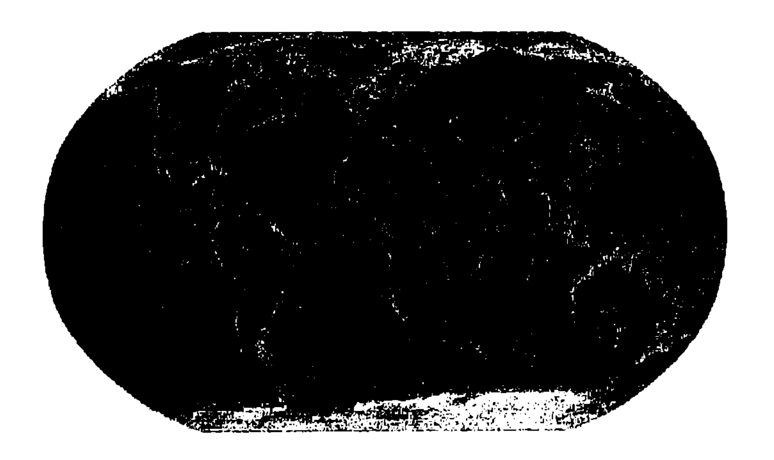
الجغرافيا علم يدرس الأرض والظواهر الطبيعية والبشرية عليها، ويعـ
ـ الكلمة إلى اللغة الإغريقية، ترجمتها بالعربية "وصف الأرض" فلفظ الجغراف
Geograp لفظ إغريقي هو في الأصل geographica، مؤلف من شقين: أولهـ
G ويعني الأرض، وثانيتهما Graphica ويعني الوصف او الصورة وعلى هـ
ـاس فالجغرافيا هي "وصف الأرض" وقد كانت كذلك في بدايتها حيث كـ
ـالة يصفون ويسجلون مشاهداتهم عن البلاد والأقاليم التي يزورونها.

وكلمة الجغرافية في اللغة العربية تعتبر حديثة بعض الشيء، حيث كـ
ـب والمسلمون يستعملون صورة الأرض أو قطع الأرض أو خريطة العالم والأقالـ
ـسالك والممالك أو تقويم البلدان أو علم الطرق وقد اتفق على تقسيم عا
ـغرافيا عبر العصور إلى الأقسام التالية وهي:

الجغرافيا الطبيعية وهي التي تهتم بدراسة طبيعة الأرض من حيث البنـ
الجيولوجية والظواهر الجوية والنبات والحيوان الطبيعي أو البري. ومنها أيـ

الجغرافيا الفلكية وتهتم بدراسة شكل الأرض وحجمها وحركتها وكرويتها وعلاقاتها بالكواكب الأخرى.

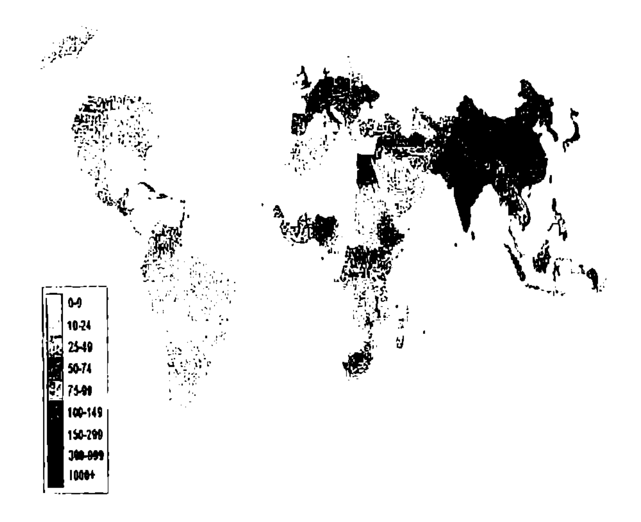
- الجغرافيا البشرية وتنقسم إلى جغرافية السكان والجغرافيا الاقتصادية والجغرافيا السياسية وتبحث في أقطار الأرض وحدودها السياسية ومشكلاتها وسكانها.
- علم الخرائط، وهو علم يهتم بالخرائط وطرق إنشاءها
- وأخيراً انضم فرع جديد هو نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد.



أهمية علم الجغرافيا:

إن الجغرافيا لم تعد ذلك العلم الذي يهتم بوصف الظواهر وصفا سطحيا بعيدا عن الواقع بل أصبحت ذلك التخصص الذي يتماشى والتطور العلمي الحديث المعتمد على التحليل والقياس والربط واستخدام النماذج والنظريات الحديثة وبذلك صارت في الاتجاه التطبيقي الذي يعرف اليوم بالجغرافيا الكمية والجغرافيا التطبيقية التي ترفض أن تستمر بعيدا عن الانشغالات الكبرى للإنسان وذلك لما تمتاز به الجغرافيا من قدرة على التأقلم مع مختلف العلوم فهي تمثل

همزة وصل متينة بين هذه العلوم وهي تسخرها جميعا لخدمتها وتأخذ منها ما يخدمها ويميزها عن غيرها وقد شهدت السنوات الأخيرة تحولات كبيرة في المنهج الجغرافي والمحتوى العلمي وكذلك في الأساليب التي يعتمد عليها في تحقيق الأهداف والأغراض، ولعل من أسباب هذه التحولات أيضا ما طرأ على المحتوى البشري من تطور كبير حيث أصبح الجغرافيون يعالجون مواضيع لم تكن بالأمس معروفة حتى وكأن المتتبع لأعمال الجغرافيين يلمس ذلك الاهتمام المتزايد بالتركيز على دراسة الظواهر والمواضيع الطبيعية والبشرية المختلفة بطريقة تختلف عما كانت عليه في الماضي بفضل استخدامهم للوسائل الكمية المتقدمة في أبحاثهم استعانة بالإحصاء والإعلام الآلي والرياضيات والنماذج والهندسة والطبيعة والكيمياء، وكان لذلك التطور في استخدام مثل هذه الوسائل نتائج هامة أسفرت عن دفع عجلة الجغرافيا وجعلها علما يتماشى وعصر التكنولوجيا،حتى أطلق البعض على هذا التحول في استخدام الوسائل والمناهج مصطلح (الثورة الكمية في الجغرافيا)، وهذه الثورة لقيت ترحيبا كبيرا من الجغرافيين لأن للمنهج الكمي مزاياه كثيرة ولعلى أبرزها واهمها أن النتائج التي يمكن التوصل إليها تكون أكثر دقة بفضل التحليل العلمي لتسلسل الأحداث وهذا التحليل العلمي الجغرافي يبرز النظم التي أثرت في وجود الظواهر المختلفة التي يتعرض لها الجغرافي بالدراسة والتطرق لها عبر ابحاث ودراسات عليا، فهو لا يكتفي بالوصف بقدر ما يعتمد على الأسباب التي أنشأت هذه الظواهر الطبيعية الجغرافية.




**مجالات البحث الجغرافي:**

حتى تكون الجغرافيا قادرة على تشخيص المشاكل التي تنحصر في إقليم ما، فإنها تقوم بتحديد المجال، وتشرح العلاقات القائمة بين مختلف العناصر الطبيعية والبشرية مهما تداخلت فيما بينها. ونتيجة لذلك تعتبر الجغرافيا ذات خاصية متميزة إذ نجدها تضع قدما في العلوم الطبيعية وقدما في العلوم البشرية. فإذا كانت التصنيفات الحديثة لمواقع العلوم المختلفة قد تمت سنة 1972 وقسمتها إلى ثلاث فئات هي: العلوم التحليلية التجريبية، والعلوم التفسيرية التأويلية والعلوم النقدية فالجغرافيا من بين العلوم التي تمتلك خواص كل هذه الفئات. فدراسة المجال الجغرافي تؤكد وجود مكونات كثيرة طبيعية وبشرية مترابطة تتميز بتفاعلات كثيرة تحصل بين هذه المكونات. وهو ما يجعل دور عالم الجغرافيا فيها حساسا ومهما ولذلك نجد دراسة المجال الجغرافي لا تقتصر على موضوع في حد ذاته أو على ظاهرة دون الأخرى ومع أن المجال الجغرافي يشمل كل الظواهر مجتمعة، فإن دراسة هذه الظواهر تبحث منفصلة مع قياس درجات التفاعل

والتعليل والتحليل دون إهمال أي عنصر من عناصر المجال. ونظرا لأهمية المجال الجغرافي أقرت اليونسكو منهجية تدريسه في أوروبا على تلامذة المستوى الابتدائي في حالته التطبيقية اعتمادا على فهم أو إدراك

**الجغرافيا العامة والجغرافيا الإقليمية في المنظور التقليدي:**

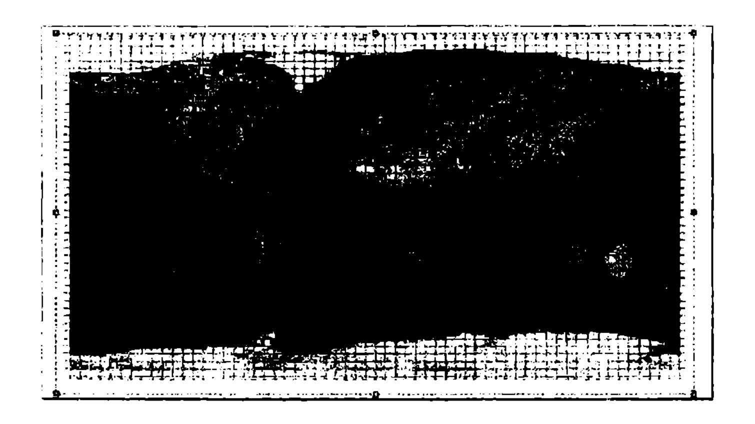
تتنوع الجغرافيا في المواضيع التي تدرسها والطرق التي تنتهجها وتدرس الجغرافيا جميع المظاهر التي يتصف بها سطح الأرض طبيعية كانت أم بشرية وتنقسم إلى شعبتين أساسيتين متكاملتين اختلافهما قائم على تباين طرق المعالجة والمنهجية. الشعبة الأولى ممثلة في الجغرافيا العامة بكل أنواعها الطبيعية والبشرية والاقتصادية...الخ والثانية هي الجغرافيا الإقليمية. الاختلاف بينهما هو أن الأولى تدرس الأنماط وتبحث عن القوانين المتحكمة فيها في حين أن الثانية تعتني بإبراز المميزات التي ينفرد بها كل منظر وكل مركب إقليمي. تحلل الجغرافيا العامة العلاقات والارتباطات لأنها تضع كل عنصر في قالبه العام خلال الدراسة، غير انها لا تقارن أي ظاهرة إلا بظاهرة مماثلة لها تذكر تحت نفس العنوان، بينما تختص الجغرافيا الإقليمية بالبحث عن العلاقات والارتباطات التي تصل بين الظواهر القائمة في الإقليم الواحد وتقارن بينها رغم التباين في طبيعتها وانماطها ويكون هذا لإبراز الانفراد الذي يتميز به الإقليم مع الأقاليم الأخرى.

الجغرافيا الإقليمية هي البحث التركيبي لقطعة من مجال الأرض، ومهمتها ليست بوضع كشف عام لمكونات هذه القطعة بل مهمتها هي البحث عن الطريقة التي نظم بها هذا المجال وكيفية استغلال الإنسان له. الإقليم: يطلق اسم إقليم على مجال من الأرض ينفرد ببعض المزايا والمقومات تجعله وحدة متكاملة وتميزه عما يجاوره من مجالات ويمتد بنفس الدرجة التي تمتد بها هذه الخصائص وهذه المميزات مع العلم أن مفهوم الإقليم نسبي واجتهادي إن لم نقل ذاتي. نسبي إذا أخذنا بعين الاعتبار أنه لا يوجد على سطح الأرض منطقة تتشابه في كل مقوماتها مع منطقة أخرى مهما صغر حجمها واجتهادي ذلك لأن الفرد هو الذي يقوم

شخصيا بتحديد الإقليم عادة حسب ما يتراءى له من خصائص يقوم عليها هذا التحديد وبقدر تنوع الأسس التحديدية بقدر تنوع الأقاليم نفسها. تتغير الأسس التحديدية إما حسب المكان أو الهدف المرسوم للتحديد الإقليمي إذا وضع التحديد من اجل استغلاله في تصميم مخطط تنمية مثلا فعناصر الاستقطاب المدني او درجة التطور الاقتصادي أو التقسيم الإداري الذي سيكون الإطار التنفيذي للمخطط هي التي ستتحكم في تعريف الإقليم وكذلك يلعب اتساع الفضاء المدروس دورا هاما في تحديد نظرة الباحث إلى المقومات لأن المقياس المستعمل في وضع البحث يختلف مع اختلاف درجة الاتساع فتدرس الوحدات الشاسعة بمقياس صغير والوحدات الضيقة بمقياس كبير والأمر الذي يكون هاما في المقياس الكبير قد لا يصبح كذلك إذا صغر المقياس. فالمقومات التي يستعملها الدارس في تحديد الدراسة الإقليمية لا تتغير مع تغير طبيعة الشيء فقط بل كذلك حسب زاوية النظر التي يختارها ومقياس الدراسة الذي يضعه. وذكرنا في التعريف أن حدود الإقليم خاضعة للمضمون الذي تحتوي عليه فيجب إذا تحليل هذا المضمون أولا حتى يسهل توقيع حدودا دقيقة تبعا لعناصر الاختلاف أو التشابه. ويمكن لكلمة إقليم أن تشير إلى مركب متجانس تكون فيه العلاقات بين مختلف العناصر المكونة له واحدة أو تشير إلى مجموعة من مركبات متجانسة صغيرة تكون الفروق بينها داخل المجموعة أقل من تلك التي تفصلها عما حولها فتكون إقليما متميزا له صبغة إجمالية واحدة تبرزه وسط مجموعات أخرى. ويمكن للإقليم أيضا أن يكون مجموعة منظمة تحت تحكم مركز عمراني يجمع بين وحداتها حتى ولو اختلفت اختلافا كبيرا.

الإقليم إذا عبارة عن مركب ودراسته تخضع للبحث التركيبي فيبدا أولا بتحديد عناصر المركب ثم نوضح العلاقات الكامنة بين هذه العناصر اي انه يجب الإطلاع على مقومات الإقليم واحدة تلوة الأخرى ثم إدراك كيفية تأثير كل منها على الآخر.

**عملية الترقيم في نظم المعلومات الجغرافية:**



**أولا: مفهوم الترقيم وأهميته**

عملية الترقيم هي عملية تحويل الخرائط الورقية (صورة، إحداثيات، إلخ..) إلى خرائط رقمية يمكن من خلالها إنشاء عدة ملفات رقيمة (طبقات) يمكن التعامل معها في برامج نظم المعلومات الجغرافية.

وتعتبر هذه العملية مهمة جداً وأساسية واستعمالها ضروري خصوصاً في دول العالم الثالث حيث هناك نقص في توفر الخرائط الرقمية هذا إن لم تكن متوفرة!!.

ومعظم برامج نظم المعلومات الجغرافية مثل (ArcGis) وغيره تتوفر بها هذه العملية وهناك برامج متخصصة في ذلك من أشهرها:

- برنامج من شركة (software Golden).
- برنامج Cartalinx من جامعة كلارك (معمل كلارك) صاحبة برنامج نظم المعلومات الجغرافية الشهير والرائع (IDRISI).

وفي جميع الحالات لابد من عمل نقاط تحكم (Control Point) فكلما كانت نقاط التحكم دقيقة كلما كانت درجة دقة الترقيم الناتجة ودقة الملفات الرقمية الناتجة قريبة من الخريطة الأصل، ولا نقول قريبة من الطبيعة أو الواقع لأنه قد تكون الخريطة الأصل تحتوي على أخطاء كما انه لا يعني زيادة عدد نقاط التحكم زيادة الدقة وإنما اختيار مواقع نقاط التحكم هو المعيار الأهم في هذا الموضوع، وقد تؤدي زيادة نقاط التحكم إلى زيادة الدقة أو تقليلها حسب الخريطة وكذلك الشخص الذي يقوم بالترقيم.

**ثانيا: انواع الترقيم ومميزاته**

1. الترقيم الآلي.
2. الترقيم اليدوي.

ويعد الترقيم اليدوي والذي ينقسم هو الآخر إلى نوعين هما (الترقيم الورقي، الترقيم على الشاشة) هو الأمثل والأفضل وذلك لعدة مميزات وأسباب تتلخص في الآتي:

1. الدقة في نقل البيانات المكانية حيث أن المرقم إنسان يستطيع التمييز والتدقيق في الخريطة الورقية عند قيامه في عملية الترقيم.
2. باستخدام عملية الترقيم اليدوية نحصل على بيانات مكانية رقمية (في الخريطة الورقية) بجودة عالية وبتكلفة اقل.
3. بما أن المرقم إنسان فهو قادر على تفسير التفاصيل الغير واضحة وفهمها أكثر وأفضل من قدرة المرقم الآلي على ذلك.
4. نستطيع تدريب عدد كبير من الكوادر البشرية على عملية الترقيم اليدوي في وقت قصير ولا نحتاج لوقت طويل لذلك.

- لذلك يعتبر الترقيم اليدوي هو الوسيلة الأفضل في إدخال البيانات في نظم المعلومات الجغرافية حتى يومنا هذا.

**ثالثا: العوامل المؤثرة على دقة عملية الترقيم**

1. إن اكثر ما يمكن ان يؤثر على دقة الترقيم هو مقياس الخريطة (دقة الخريطة) خصوصا في الترقيم الورقي (خريطة ورقية) حيث انه من الممكن ان تلك الخريطة قد حدثت لها ظروف غيرت من حجمها الطبيعي مثل (الانكماش والتمدد)
2. كذلك مما يؤثر على دقة الترقيم هو مواصفات الشخص المرقم وكفاءته في القيام بهذه العملية فتتوقف دقة هذه العملية على مدى كفاءة ودقة المرقم نفسه فلو كان اداؤه ضعيفاً ستضعف معه دقة الترقيم.
3. أيضا تتوقف دقة عملية الترقيم على حالة الشخص المدخل للبيانات، مثال على ذلك (في حالة لو كان الشخص المرقم متوتراً او غير مستعد للقيام بإدخال البيانات فهذا سيكون له تأثير واضح على دقة إدخاله للبيانات).

**رابعا: الأخطاء الممكن حدوثها عند القيام بعملية الترقيم**

كما ذكرنا في مفهوم الترقيم ان الترقيم الصحيح ليس بالضرورة ان يكون بالقيام بزيادة نقاط التحكم او التقليل منها وإنما حسب الخريطة وحسب الشخص المرقم لذلك فإن الترقيم الزائد او الترقيم الناقص كلاهما قد يؤدي إلى الوقوع في الأخطاء في عملية الترقيم والحل يكون استخدام عملية الربط (Snapping) لتجنب حدوث تلك الأخطاء وكذلك يمكن جعل الخطوط انسيابية (Line Smoothing).

**مجالات الجغرافيا الطبيعية:**

- علم شكل الأرض وهو العلم الذي يدرس اشكال سطح الأرض ونشأتها وتطورها والعوامل التي أثرت فيها.
- علم المياه وهو العلم الذي يدرس توزيع المياه ومصادرها حركتها وجودتها على سطح الأرض.

- علم الجليد هو العلم الذي يدرس توزيع الجليد على سطح الأرض وآثاره عليها.
- جغرافيا احيائية أو حيوية وهي علم توزيع الكائنات الحية جغرافيا.
- علم المناخ: هو العلم الذي يدرس حالة الجو من الحرارة والرياح والرطوبة والامطار لمدة تتراوح بين السنة والستة اشهر.
- علم التربة: هو العلم الذي يدرس الترب وتوزعها الجغرافي وتصنيفها من حيث لونها وخصائصهاومنشئها.
- علم الصخور.
- علم دراسة الشواطئ.
- علم الجيوديزيا.
- علم الجغرافيا القديمة وهو العلم الذي يبحث في التطور الجغرافي للأرض خلال الأزمنة الجيولوجية.
- الجغرافيا البشرية وتنقسم إلى جغرافية السكان والجغرافيا الاقتصادية والجغرافيا السياسية وتبحث في اقطار الأرض وحدودها السياسية ومشكلاتها وسكانها.
- الخرائط: وهو علم يهتم بالخرائط وطرق إنشاءها.

**يقسم علم الجغرافيا الى أربعة حقول رئيسية هي:**

1. الجغرافيا الطبيعية.
2. الجغرافيا البشرية.
3. الجغرافيا الإقليمية.
4. جغرافية الخرائط.

**الجغرافيا الطبيعية:**

علم دراسة وتحليل الظواهر الطبيعية ويتفرع عنه التخصصات الآتية:

1. التاريخية.
2. البحار والمحيطات.
3. الحيوية.
4. التربة.
5. المياه.
6. المناخية.
7. الجيمورفولوجيا.
8. السطح.
9. الفلكية.

**الجغرافيا الفلكية:**

1. الكون والأجرام السماوية.
2. الحقائق الجغرافية للكرة للأرضية.
3. كوكب الأرض.
4. المجوعة الشمسية.

**الجغرافيا البشرية:**

علم يهتم بدراسة وتحليل الإنسان وما أحدثه من تأثيرات في البيئة الطبيعية ويتفرع عنها التخصصات الآتية:

1. جغرافيا السكان.
2. الجغرافيا الاجتماعية.
3. جغرافيا المدن.
4. الجغرافيا الصناعية.
5. جغرافيا الاستيطان.
6. الجغرافيا السياحية.

7. جغرافيا النقل والتجارة.
8. الجغرافيا الزراعية.
9. جغرافيا السلالات.
10. الجغرافيا العسكرية.
11. الجغرافيا الطبية.
12. الجغرافيا الاقتصادية.

وتعد الجغرافيا الطبيعية أقدم فروع الجغرافيا، ولقد بدأت بسيطة في بداية نشأتها، فكانت تركز اهتمامها على وصف الظاهرات الطبيعية، ومع تقدم المعرفة الإنسانية تشعبت ميادين الجغرافيا الطبيعية وانقسمت إلى فروع ثانوية أكثر تخصصاً. ولعل تطلع الإنسان إلى الأجرام السماوية من شمس وقمر ونجوم قد بدأ مع وجود الإنسان.

وقد اهتم الإغريق بالدراسات الجغرافية التي يمكن أن نطلق عليها الجغرافيا الطبيعية، فدرسوا مظاهر السطح، وجغرافية النبات وتوزيعه، ولقد قاموا بإجراء بعض الدراسات المناخية فتحدثوا عن الرياح، والفرق بين المناخ القاري، والمناخ الجزري وأشاروا كذلك إلى عوامل التعرية المختلفة وفي العصر الروماني اتجهت الجغرافيا إلى دراسة بعض الجوانب الطبيعية مثل الزلازل والبراكين والمد والجزر وحركات القشرة الأرضية وفي العصور الوسطى ساهم المسلمون كثيراً في مجال الجغرافيا الطبيعية، فقد أشار ابن خرداذبة وابن حوقل وغيرهما إلى كثير من الحقائق الجغرافية الطبيعية مثل الجاذبية الأرضية وغيرها. ومما يذكر ان المقدسي قد درس المراحل التي يمر بها النهر أثناء جريانه وهي مراحل الشباب والنضج والشيخوخة.

- دراسة الظاهرات التضاريسية:

وتهتم بدراسة مظاهر السطح وتطورها والعوامل المؤثرة فيها، وهناك اتجاه حديث يفضل استخدام اسم "جيمورفولوجيا" على تلك الدراسة التي تعالج مظاهر السطح وتطورها والعوامل المشكلة لها، أي دراسة شكل السطح والعوامل التي أدت إلى تشكيله، وتعد الجيمورفولوجيا أقرب الفروع الجغرافية إلى علم الجيولوجيا.

- جغرافية المناخ Climatology:

تطورت الدراسات المناخية بعد اختراع أجهزة قياس العناصر المناخية مثل البارومتر على يد تورشيللي سنة 1643م، والترمومتر الفهرنهيتي على يد دانيل فهرنهيت سنة 1710م والترمومتر المئوي على يد أندرز سلسيوز السويدي سنة 1742م. ولقد ساهم استخدام التلغراف في نقل النشرات الجوية والدراسات المناخية في الثلاثينات من هذا القرن. ومن الذين ساهموا في تطوير علم المناخ، همبولت الذي يعد أول من رسم خطوط الحرارة المتساوية، وكذلك العالم النرويجي كنز Kness الذي أعلن نظريته الخاصة بالكتل الهوائية والتي تفسر نشأة الأعاصير.

- جغرافية الأحياء:

جغرافية الأحياء دراسة توزيع الكائنات الحية على سطح الأرض، وتعتمد على علمي النبات والحيوان، إذ ليس من السهل دراسة الجغرافيا النباتية والحيوانية دون الإلمام ببعض القواعد العامة لهذين العلمين.

وتعتمد الجغرافيا الطبيعية على حقائق تستمدها من علوم أخرى مثل الجيولوجيا، والميتيورولوجيا (علم الأرصاد الجوية)، والنبات، والحيوان، وعلم

البحار. اي أن الجغرافيا تستقي معلوماتها من كل العلوم التي تتخصص في دراسة الأغلفة التي تحدد إطار بيئة الإنسان في نطاق الحيز الذي يتفاعل معه. وهذه الأغلفة هي:

(1) الغلاف الغازي Atmosphere:

وهو عبارة عن كتل الهواء التي تحيط بالكرة الأرضية، وقد نشأ عن دراسة الإنسان لهذا الغلاف فرع الجغرافيا المناخية الذي استمد بعض معلوماته من علم "الميتيورولوجيا".

(2) الغلاف الصخري Lithosphere:

ويقصد به القشرة الأرضية. وقد نشأ عن دراسة الغلاف الصخري جغرافية السطح والتربة التي تدرس المظاهر التضاريسية المختلفة.

(3) الغلاف المائي Hydrosphere:

وهو عبارة عن المسطحات المائية من محيطات وبحار وغيرها، وقد نشأ عن دراسة الإنسان للغلاف المائي جغرافية البحار والمحيطات.

(4) الغلام الحيوي Biosphere:

ويشمل الكائنات الحية التي تعيش على سطح الكرة الأرضية من نبات وحيوان. وقد نشأت عن دراسة الإنسان لهذا الغلاف الجغرافيا النباتية والحيوانية، والجغرافيا البشرية، على أساس ان الإنسان أحد الكائنات الحية.

الحرارة:

عرفنا سابقا بان المناخ هو الطابع الجوي السائد والمعتاد في منطقة محدودة من سطح الأرض خلال فترة زمنية معينة تتراوح عادة ما بين سنة و25 سنة وحيث

يتشكل الطابع الجوي هذا من الحرارة والضغط الجوي والرياح والتساقط، ثم ينشأ من تفاعلها المظهر المناخي مع العلم ان كل عنصر من هذه العناصر يلعب دورا معينا

وتعتبر الحرارة من أهم العناصر المشكلة للمناخ وذلك لارتباطها بالعناصر الأخرى ارتباطا وثيقا بشكل مباشر أو غير مباشر إذ تنشأ عن طاقة الإسطاع الشمسي التي تولده أشعة الشمس المخترقة للغلاف الغازي للأرض وتكون بذلك الموزع الأساسي للحياة على الأرض ومصدر الحرارة الرئيسي للإنبات وإذا كان باطن الأرض حارا فإن حرارته لا تصل إلى سطح الأرض إلا في مواقع محدودة كمناطق العيوب القشرية للأرض في قاع المحيطات أو محيط مناطق النشاط البركاني ومع ذلك فإن تأثير حرارة باطن الأرض على نمو الحياة العامة فوق سطحها يكاد لا يذكر بالنسبة للحرارة المستمدة من أشعة الشمس والتي بدورها لا نستقبل منها إلا قدرا ضئيلا جدا نظرا لبنية الغلاف الغازي الذي سبق ذكره إذ لا يصل إلى سطح الأرض إلا جزءا صغيرا من حرارة أشعة الشمس المنبعثة نحو الأرض.

أشعة الشمس ونطاقات الأرض المناخية

إن حرارة سطح الأرض بما في ذلك اليابسة والمحيطات والغلاف الهوائي مرتبطة بعدد كبير من العمليات المتحكمة في النظام الداخلي للمناخ على خلاف ما يحدث خارج الغلاف الغازي للكرة الأرضية حيثما تنتقل الحرارة بمجرد وجود الإشعاع.

حيث يخضع قانون انتقال الحرارة من الشمس إلى الأرض لعمليات فيزيائية وكيميائية أصبحت اليوم مضبوطة نوعا ما وذلك تبعا للحواجز التي تعترضها طول المسار إذ يمتص الغلاف الغازي للكرة الأرضية 15 ٪ من أشعة الشمس الحرارية الواردة إليه بعد أن تنعكس على سطحه الخارجي حوالي 40 ٪ من تلك الأشعة الشمسية ثم يلي ذلك تعرض أشعة الشمس إلى عملية انعكاس ثانية لأشعتها فوق السطح الحقيقي للأرض بمعدل 10 ٪ مما وصل اي ان حوالي 65 ٪ منها يندثر قبل النفوذ في الأرض بفعل الامتصاص والانعكاس مما يجعل الحصيلة الطاقوية للأرض مرتبطة بحصيلتها الإشعاعية ولذلك نجد النظام المناخي للأرض يعمل بآلية الامتصاص اي:

اولاً: بتحويل حوالي 70 ٪ من الإشعاع الشمسي الوارد للأرض إلى حرارة او طاقة (خاصة بالنسبة للأمواج الضوئية القصيرة ذات الطول المتراوح ما بين(0.3 إلى 4 مم).

ثانيا: بإعادة انعكاس هذه الطاقة نحو الفضاء في شكل إشعاع حراري من النوع ما دون الأحمر المحصور ما بين الأمواج الطويلة المتراوحة بين 4 و100 مم.

والجدير بالذكر أن متوسط الحصيلة السنوية للطاقة الحرارية على مستوى سطح الأرض ضئيل جدا إلا أنه على المستوى الإقليمي يسجل حركية ما بين النقص والزيادة ويعتبر المؤشر الحقيقي لقدرة امتصاص أو انعكاس الطاقة في النظام المناخي.

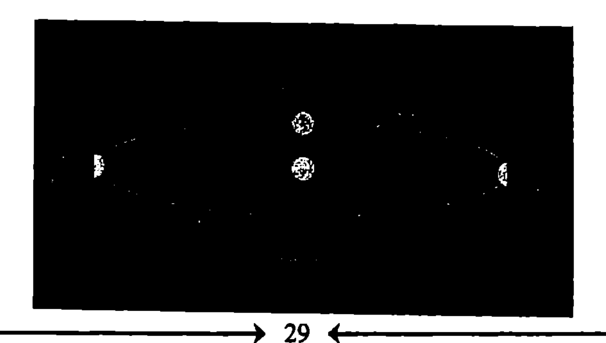
ويمكن القول ان سطح الأرض يمتص جزء من الأشعة بينما تشع معظمها في الغلاف الجوي ويعرف هذا الإشعاع بالإشعاع الأرضي ويرتد باقي أشعة الشمس الحرارية الى الفضاء الخارجي وبذلك يستمد الجو معظم حرارته من الإشعاع الأرضي وجزء قليل من الإشعاع الشمسي ويختلف الإشعاع الشمسي عن الإشعاع الأرضي في ان الأول يحمل الضوء بينما الثاني أشعته مظلمة، كما أن الإشعاع الشمسي يبدأ مع الشروق وينتهي عند غروب الشمسي أما الإشعاع الأرضي فإنه يستمر طول اليوم.

**العوامل المؤثرة في الحرارة:**



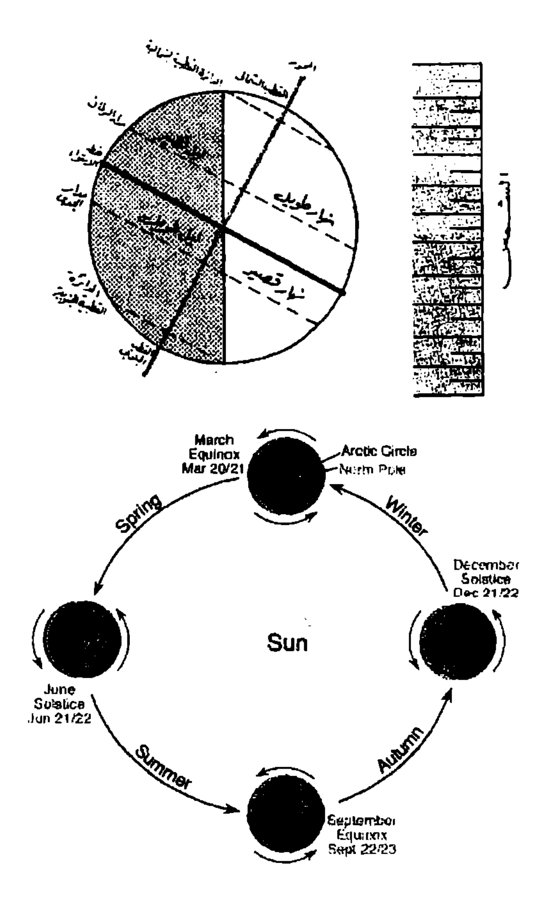
تختلف درجة الحرارة من جهة لأخرى على سطح الأرض نتيجة لعدة عوامل من أهمها:

1. **الموقع الفلكي:**



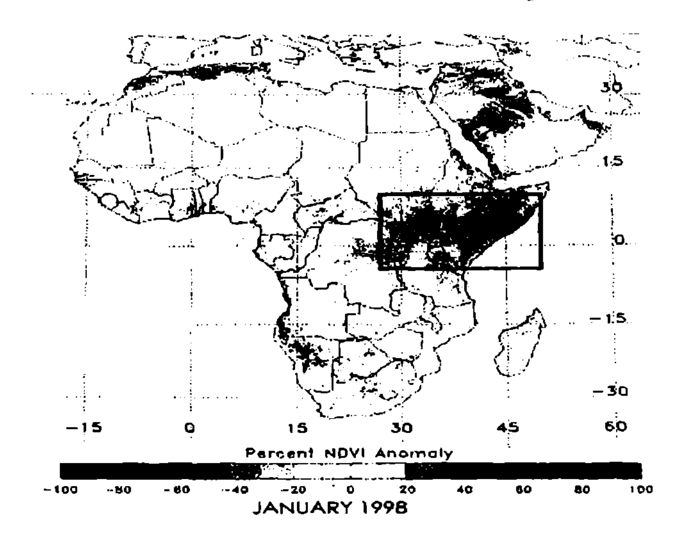
وهو موقع المكان بالنسبة لدرجات العرض، فكلما اتجهنا شمال وجنوب خط الاستواء انخفضت درجة الحرارة.

2. اختلاف طول الليل والنهار من فصل لآخر:



ففي فصل الصيف يطول النهار عن الليل وبذلك تطول الفترة التي يتعرض فيها الغلاف الغازي وسطح الأرض لأشعة الشمس ويحدث العكس في فصل الشتاء، ولذلك نجد أن متوسط حرارة الصيف أعلى من الشتاء.

### 3. الغطاء النباتي:




ويقلل هذا الغطاء من اكتساب الأرض للحرارة وبالتالي يقلل من إشعاعها الحراري، ولذلك نجد المناطق المغطاة بالنباتات الطف حرارة من المناطق الجرداء في الجهات الحارة.

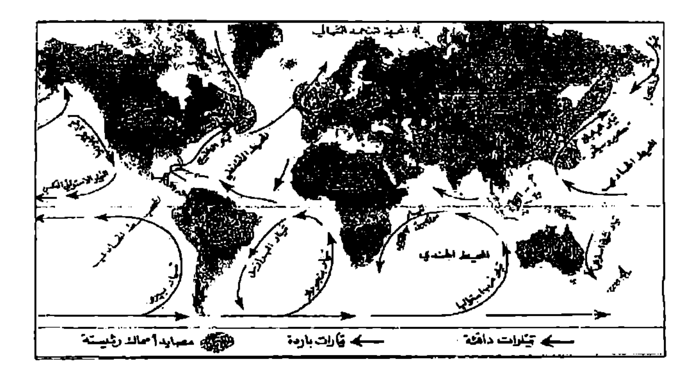
### 4. موقع المكان بالنسبة للمسطحات المائية:

فالمناطق الساحلية تمتاز بمناخها البحري الذي يقل فيه الفرق بين حرارة الصيف والشتاء بعكس المناطق الداخلية فإنها تمتاز بمناخها القاري الذي يعظم فيه الفرق بين حرارة الصيف والشتاء كما هو الحال في مدينتي الجزائر العاصمة وتمنراست.

**التضاريس:**

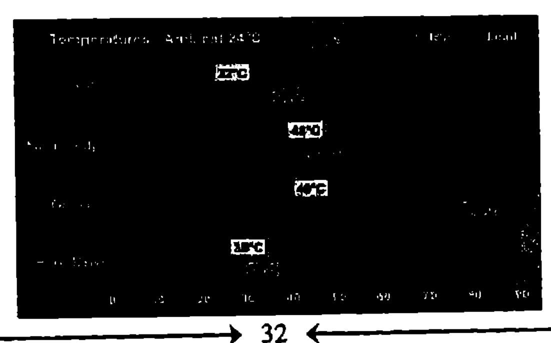
فالمناطق الجبلية درجة حرارتها أقل من المناطق السهلية الواقعة معها على نفس درجات العرض، كما أن السفوح الجبلية الواجهة للشمس أعلى حرارة من السفوح التي لا تواجهها.

**التيارات البحرية:**




تعمل التيارات البحرية الدافئة على رفع درجة حرارة المناطق الساحلية المارة بجوارها والعكس صحيح بالنسبة للتيارات الباردة.

**قياس درجة الحرارة:**



تقاس درجة حرارة أي مكان على سطح الأرض بالترمومتر، وتوجد ترمومترات خاصة لتسجيل أقصى درجات الحرارة (النهاية العظمى) وأدناها (النهاية الصغرى) وكذلك بواسطة الترموغراف ويشترط في القياس أن يكون في الظل وفي الهواء الطلق.

وقياس درجة الحرارة – غالبا – إما أن يكون بالدرجات المئوية أو الفهرنهايتية، والترمومتر المئوي مقسم إلى 100 قسم بادئا من الصفر (درجة التجمد) ومنتهيا بالمائة (درجة الغليان) أما الترمومتر الفهرنهايتي فإن درجة التجمد فيه تعادل (32 درجة فهرنهايتية) ودرجة الغليان تعادل (213 درجة فهرنهايتية)، اي ان 180 درجة فهرنهايتية تعادل 100 درجة مئوية وبذلك نجد ان الدرجة المئوية تساوي 180/100=1.8 فهرنهيت.

**متوسطات درجة الحرارة:**

تقاس درجة الحرارة عادة ثلاث مرات يوميا وأوقاتها: الثامنة صباحا، والثانية بعد الظهر، والثامنة مساء، ويؤخذ متوسط الثلاث قراءات وبذلك نحصل على المتوسط اليومي لدرجة الحرارة، وتحصل بعض الدول على هذا المتوسط من جمع الدرجات التي يسجلها الترمومتر للنهاية العظمى والدرجة التي يسجلها الترمومتر للنهاية الصغرى ثم يقسم حاصل الجمع على اثنين.

أ- المتوسط الشهري للحرارة هو مجموع المتوسطات اليومية لأيام الشهر مقسوما على عدد أيامه. أما المتوسط السنوي للحرارة فإننا نحصل عليه من جمع المتوسطات الشهرية وتقسيمها على عدد شهور السنة (12) ولا يكفي في دراسة المناخ معرفة المتوسطات السنوية فقد تتقارب بعض الأماكن في المتوسط السنوي لدرجة حرارتها مع أن كلا منها يسوده نوع مناخي يختلف عن الآخر، ولذلك فإنه عند دراسة مناخ أي جهة لا بد من معرفة المدى الحراري السنوي لها لأنه يوضح الاختلافات في درجة الحرارة بين فصول السنة.

**المدى الحراري:**

وهو الفرق بين أعلى درجات الحرارة وأدناها لأي مكان على سطح الأرض، وهذا المدى إما أن يكون يوميا أو شهريا أو سنويا.

المدى الحراري اليومي: وهو الفرق بين أعلى وأدنى درجة حرارة سجلت خلال اليوم.

المدى الحراري الشهري: وهو الفرق بين أعلى وأدنى متوسط درجات الحرارة التي سجلت خلال أيام الشهر.

المدى الحراري السنوي: وهو الفرق بين أعلى وأدنى شهور السنة حرارة.

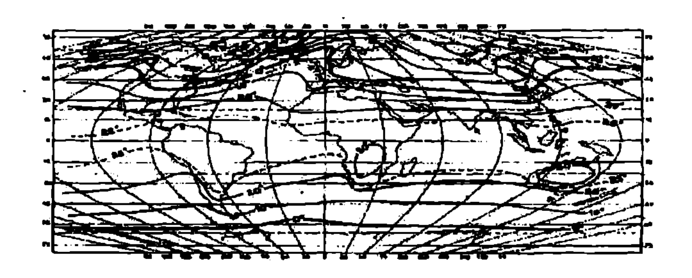
**خطوط الحرارة المتساوية:**



بعد قياس درجات الحرارة ومعرفة متوسطاتها اليومية والشهرية والسنوية كان لا بد من توزيع هذه المتوسطات على خرائط حتى يتسنى لدارس الجغرافيا المناخية استخلاص الحقائق العامة من هذه التوزيعات ومن هنا ظهرت طريقة رسم خطوط الحرارة المتساوية، وهي خطوط ترسم على الخرائط لتصل بين الأماكن ذات الحرارة المتساوية ويراعى ما يأتي في رسمها.

1. تعديل درجات الحرارة بالنسبة لمستوى سطح البحر ومعنى ذلك استبعاد اثر التضاريس واعتبار الأماكن التي اخذت متوسطات درجة حرارتها عند مستوى سطح البحر، فإذا كانت حرارة مكان ما 10 درجات مئوية وارتفاعه عن سطح البحر 1500 متر فإننا نضيف إلى درجة حرارته درجة واحدة مئوية لكل 150 متر تقريبا من الارتفاع، وبذلك تكون حرارة هذا المكان 20 درجة مئوية.
2. وضع متوسطات درجات الحرارة بعد تعديلها على الخرائط في الأماكن التي اخذت درجة حرارتها.
3. نصل بين الجهات التي تشترك في درجة حرارة واحدة بخط يعرف بخط الحرارة المتساوي لهذه الأماكن.
4. أن يكون الفرق بين خطوط الحرارة المتساوية ثابتا ونجده عادة في خرائط المناخ بـ 5 او 10 درجات.
5. يعتمد دائما في دراسة المناخ على خرائط خطوط الحرارة المتساوية السنوية والثانوية ويمثلها شهر جانفي والصيفي ويمثلها شهر جويلية.

1) خطوط الحرارة المتساوية شتاءا:

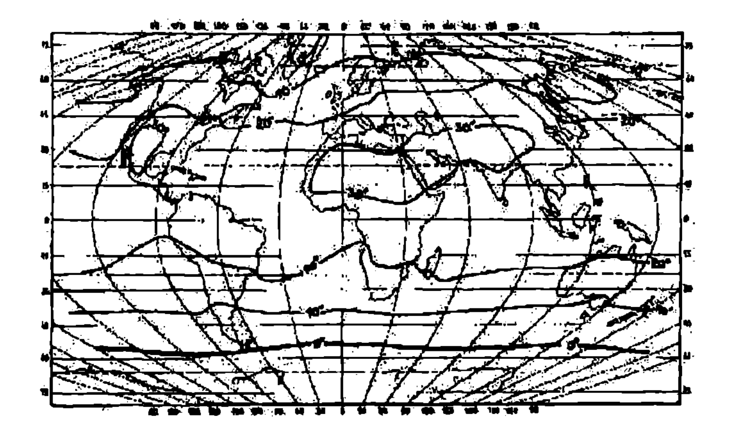


من الخريطة نلاحظ ما يأتي:

1. توجد أعلى جهات العالم حرارة خلال هذا الفصل في نصف الكرة الجنوبي حول مدار الجدي في كل من أستراليا وأفريقيا وامريكا الجنوبية ومتوسط درجة حرارة هذه المناطق 30درجة مئوية.

2. توجد اقل جهات العالم حرارة في نصف الكرة الشمالي في اقصى شمال أمريكا الشمالية وفي شمال شرق آسيا.
3. تنحني خطوط الحرارة المتساوية بصفة عامة في غرب استراليا وافريقيا وامريكا الجنوبية ناحية خط الاستواء وبعيدا عنه في شرقها وفي نصف الكرة الجنوبي، ويحدث العكس في نصف الكرة الشمالي إذ تنحني خطوط الحرارة المتساوية ناحية خط الاستواء في شرق القارات وبعيدا عنه في غربها بتأثير التيارات البحرية الباردة والدافئة.

2) خطوط الحرارة المتساوية صيفا (جويلية):

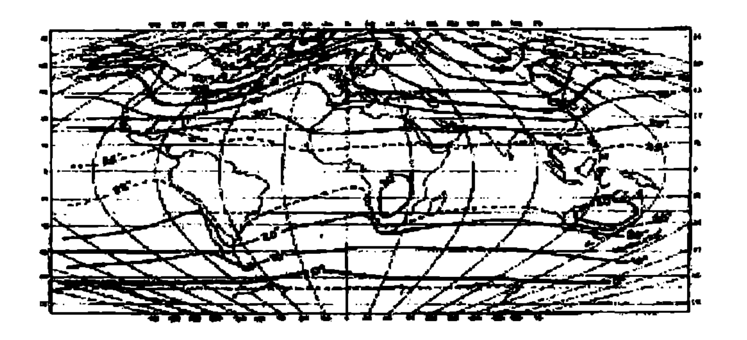


وإذا نظرنا إلى الخريطة نلاحظ ما يأتي:

1. توجد أعلى جهات العالم حرارة في نصف الكرة الشمالي في الصحراء الكبرى لإفريقيا وفي آسيا في كل من العربية السعودية وإيران وصحراء وسط آسيا، ويمثل خط الحرارة المتساوي 35 درجة مئوية متوسطة درجة هذه المناطق خلال فصل الصيف.

2. تنحني خطوط الحرارة المتساوية عند سواحل القارات متأثرة في ذلك بمرور التيارات البحرية الباردة والدافئة
3. تقع اقل جهات العالم حرارة في نصف الكرة الجنوبي في اقصى جنوب استراليا افريقيا وامريكا الجنوبية.

3) خطوط الحرارة المتساوية السنوية:



من الشكل السابق نلاحظ ما يأتي:

1. يوجد اعلى متوسط درجة الحرارة في العالم في الصحراء الكبرى لأفريقيا وليس عند خط الاستواء.
2. خطي صفر درجة و10 درجات مئوية اكثر استقامة في نصف الكرة الجنوبي عن نصف الكرة الشمالي بسبب مرورهما في نصف الكرة الجنوبي على مسطحات مائية بينما يمران في نصف الكرة الشمالي على اليابس والماء.
3. تنحني خطوط الحرارة المتساوية في كل من شرق وغرب القارات إما نحو خط الاستواء او بعيدا عنه بتأثير التيارات البحرية الباردة والدافئة.

**المناطق الحرارية العامة:**

قسم الجغرافيون سطح الأرض إلى مناطق حرارية عامة على أساس توزيع المتوسطات الشهرية والسنوية لدرجات الحرارة وهذه المناطق هي:

1. المنطقة المدارية: وتمتد هذه المنطقة ما بين المدارين ش6° وتمتاز بدرجة حرارتها المرتفعة طول العام والتي تزيد عن 18° مئوية وبمداها الحراري السنوي القليل مثل مدينة بالما في حوض الأمازون حيث نجد متوسط حرارتها السنوية 26° والمدى الحراري بها السنوي بها 1.5° مئوية.
2. المناطق شبه المدارية: تقع هذه المناطق شمال وجنوب المنطقة المدارية ما بين خطين أحدهما اتجاه المنطقة المدارية ومتوسط درجة حرارته السنوية يزيد عن الـ18° مئوية. والخط الثاني يقع باتجاه القطبين ومتوسط درجة حرارته السنوية تزيد عن ال 6° مئوية.

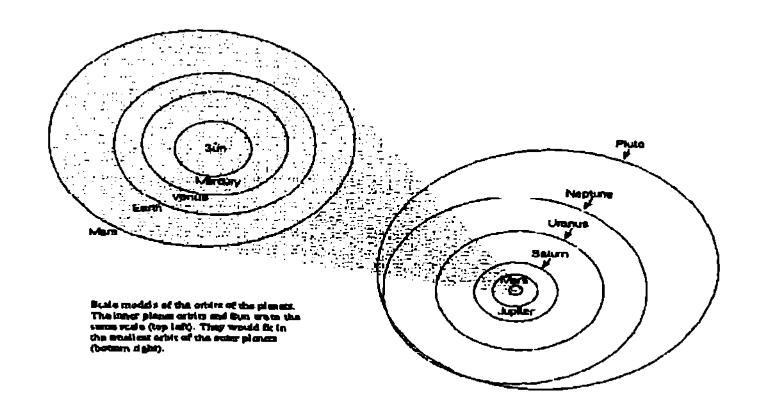
تمتاز هذه المناطق بمداها الحراري السنوي الكبير الذي يبلغ 13° مئوية كما هو الحال بمدينة الجزائر العاصمة (متوسط حرارتها السنوية 18°مئوية ومداها الحراري السنوي 12° مئوية).

3. المناطق المعتدلة: تمتد هذه المناطق شمال وجنوب المناطق شبه المدارية ويحدهما خطان أحدهما ناحية المناطق شبه المدارية حيث يبلغ متوسط درة حرارته السنوية 6° مئوية وأكثر والثاني يقع في اتجاه المناطق القطبية إذ يصل متوسط درجة حرارته خلال الستة اشهر من الفترة الرطبة إلى 6° مئوية.

يميز هذه المناطق التمايز في فصولها إذ تحتوي على المناخ القاري والمحيطي ويمثل الأول مدينة وارسو (التي يبلغ مداها الحراري السنوي 23°مئوية تقريبا) والثاني تمثله مدينة فالانسيا (ويبلغ المدى الحراري السنوي بها حوالي 8°مئوية)

**المناطق الباردة**: تقع هذه المناطق ما بين المناطق المعتدلة والمناطق ا
حيث يحدها عن الأخيرة خط حراري تصل درجة حرارته 6° مئوية .
أشهر من السنة أو أكثر، ولا يسود الجهات الباردة صيف بالمعنى حقية
تمتاز بمداها الحراري اليومي والسنوي الكبير مثل مدينة فيلادفوستد
يبلغ المدى الحراري السنوي بها (32.9°).

**المناطق القطبية**: تنحصر هذه المناطق في الدائرة القطبية الشمالية وا
إلى جنوب أوشمال المناطق الباردة تبعا للقطب ويمتاز شتاؤها بطوله و
القاسية أما صيفها فيمتاز هو الآخر بقصره وانخفاض درجة حرارة
تتراوح متوسطاتها ما بين1° مئوية والصفر.




## تعريفات الطاقة:



الطاقة: هي كل ما يمدنا بالنور ويعطينا الدفء وينقلنا من مكان إلى آخر، وتتيح استخراج طعامنا من الأرض وتحضيره وتضع الماء بين أيدينا ويدير عجلة الآلات التي تخدمنا.

- وهي قدرة المادة على إعطاء قوى قادرة على إنجاز عمل معين.
- وهي مقدرة نظام ما على إنتاج فاعلية أو نشاط خارجي (ماكس بلانك).

- وهي كيان مجرد لا يعرف إلا من خلال تحولاته.
- وهي عبارة عن كمية فيزيائية تظهر على شكل حرارة او شكل حركة ميكانيكية او كطاقة ربط في أنوية الذرة بين البروتون والنيترون.

**أنواع الطاقة:**

1. الطاقة الكيميائية: وهي الطاقة التي تربط بين ذرات الجزيئ الواحد بعضها ببعض في المركبات الكيميائية. وتتم عملية تحويل الطاقة الكيميائية إلى طاقة حرارية عن طريق إحداث تفاعل كامل بين المركب الكيميائي وبين الأكسجين لتتم عملية الحرق وينتج عن ذلك الحرارة. وهذا النوع من الطاقة متوفر في الطبيعة، ومن اهم أنواعه النفط والفحم والغاز الطبيعي والخشب.
2. الطاقة الميكانيكية: وهي الطاقة الناتجة عن حركة الأجسام من مكان لأخر حيث أنها قادرة نتيجة لهذه الحركة على بذ ل شغل والذي يؤدي إلى تحويل طاقة الوضع (potential energy) إلى طاقة حركة (kinetik energy)، والأمثلة الطبيعية لهذا النوع من الطاقة هي حركة الرياح وظاهرة المد والجزر، ويمكن ان تنشأ الطاقة الميكانيكية بتحويل نوع آخر من الطاقة إلى آخر، مثل المروحة الكهربائية "تحويل الطاقة الكهربائية إلى طاقة ميكانيكية".
3. الطاقة الحرارية: وتعتبر من الصور الأساسية للطاقة التي يمكن ان تتحول كل صور الطاقة إليها، فعند تشغيل الألات المختلفة باستخدام الوقود، تكون الخطوة الأولى هي حرق الوقود والحصول على طاقة حرارية تتحول بعد ذ لك إلى طاقة ميكانيكية أو إلى نوع من أنواع الطاقة ولا تتوفر الطاقة الحرارية بصورة مباشرة في الطبيعة إلا في مصادر الحرارة الجوفية.
4. الطاقة الشمسية: وهي مصدر للطاقة لا ينضب، ولكنها تصل إلينا بشكل مبعثر وتحتاج إلى تقنية حديثة (خلايا شمسية) لتجميعها والاستفادة منها، وهي مصدر نظيف فلا ينتج عن استعماله أي غازات او نواتج ضارة للبيئة كما هو الحال في انواع الوقود الأخرى.

5. الطاقة النووية: وهي الطاقة التي تربط بين مكونات النواة (البروتونات أو النيترونات) وهي تنتج نتيجة تكسر تلك الرابطة وتؤدي إلى إنتاج طاقة حرارية كبيرة جدا.
6. الطاقة الكهربائية: حيث لا يوجد مصدر طبيعي للكهرباء، والسبب في ذ لك أن جميع المواد تكون متعادلة كهربائيا، والطاقة الكهربائية لا تنشأ إ لا بتحويل نوع من أنواع الطاقة إلى طاقة كهربائية مثل تحويل الطاقة الميكانيكية إلى طاقة كهربائية كما هو الحال في المولد الكهربائي، أو تحويل الطاقة الكيميائية إلى طاقة كهربائية كما هو الحال في البطاريات.
7. الطاقة الضوئية: هي عبارة عن موجات كهرو مغناطيسية تحتوي كل منها على حزم من الفوتونات، وتختلف الموجات الكهرو مغناطيسية في خواصها الفيزيائية باختلاف الأطوا ل الموجية، ومن الأمثلة عليها الأشعة السينية: وهي عبارة عن اشعة غير مرئية ذات طول موجي قصير جدا وتستخدم في المجال الطبي، وكذ لك اشعة جاما: وهي اشعة لا تتأثر بالمجالات الكهربائية أو المغناطيسية ولها القدرة على النفاذ وتعتبر من الأشعة الخطرة.

**مصادر الطاقة:-**

يمكن تقسيم الطاقة إلى مصدرين رئيسين هما:

1. مصادر غير متجددة.
2. مصادر متجددة.

**أولا: مصادر الطاقة الغير متجددة:**

وهي عبارة عن المصادر الناضبة اي أنها سوف تنتهي عبر زمن معين لكثرة الاستخدام، وهي متوفرة في الطبيعة بكميات محدودة وغير متجددة وتشمل الوقود الأحفوري مثل النفط والغاز والفحم بكل الأنواع التي تكونت عبر السنين الماضية في جوف الأرض.وهي ذات اهمية لأنها تختزن طاقة كيميائية من السهل إطلاقها

كطاقة حرارية أثناء عملية الاحتراق. وتشمل هذه المصادر الطاقة النووية التي تستخدم في عملية توليد الكهرباء عن طريق استخدام الحرارة الناتجة عن عمليات الانشطار النووي في المفاعلات النووية. وكذلك نجد أن مصادر هذه الطاقة بجانب انها ناضبة فإنها ملوثة للبيئة.

**ثانياً: مصادر الطاقة المتجددة:**

وهي عبارة مصادر طبيعية دائمة وغير ناضبة ومتوفرة في الطبيعة سواء أكانت محدودة أو غير محدودة ولكنها متجددة باستمرار، وهي نظيفة لا ينتج عن استخدامها تلوث بيئي ومن أهم هذه المصادر الطاقة الشمسية التي تعتبر في الأصل هي الطاقة الرئيسية في تكوّن مصادر الطاقة وكذلك طاقة الرياح وطاقة المد والجزر والأمواج والطاقة الحرارية الجوفية والطاقة وطاقة المساقط المائية وطاقة البناء الضوئي والطاقة المائية للبحار والمحيطات.

وكذلك نلاحظ أن المصادر المائية وطاقة المد والجزر وطاقة الرياح هي عبارة مصادر طبيعية للطاقة الميكانيكية. وسوف نتكلم عن تلك المصادر بالتفصيل.

**المصادر الغير متجددة:-**

**1. الوقود الأحفوري:**

وهو يشمل النفط والغاز الطبيعي والفحم وتعرف بمصادر غير متجددة لأنها ناضبة. والوقود الأحفوري هو عبارة المركبات العضوية الناتجة عن عمليات البناء الضوئي حيث أن المواد العضوية للنباتات والحيوانات لم تتحلل تحليلاً كامل، بل طمرت تحت طبقات من التربة الرملية والطينية والجيرية، مما نتج عنه تكوّن النفط والغاز الطبيعي والفحم الحجري وطاقة الوقود الأحفوري هي طاقة كيميائية كامنة في البترول والغاز الطبيعي والفحم المخزون في باطن الأرض وهذه الطاقة هي أصلاً من الطاقة الشمسية التي قامت عليها النباتات بواسطة عملية

البناء الضوئي منذ ملايين السنين.وقد كان الفحم من أهم المصادر الطبيعية للطاقة خلال القرن الماضي ومازال يستعمل حتى يومنا هذا، ويساهم حالياً بحوالي 28 ٪ من الطاقة من الاستهلاك العالمي.حيث يقدر الفحم الموجود داخل الأرض بعدة مئات من البلايين من الأطنان.

### 2. الفحم الحجري:

وهو من أهم مصادر الطاقة الأحفورية من حيث حجم احتياطه، فالفحم الحجري يتكون داخل باطن الأرض على مدى ملايين السنين وذلك بسبب تحلل مصادر نباتية بسب العمليات البيولوجية في أماكن ذات الضغط الشديد والحرارة ومعزولة عن الهواء.ويعتبر النفط أكبر منافس للفحم الحجري، ومن أسباب قلة استخدام الفحم الحجري مصدراً للطاقة هو أن مصادره تتركز في عدد قليل من الدول. كما أن استخدام الفحم الحجري وقوداً مباشرة يستلزم أموال باهظة التكلفة لمحطات التوليد. ومن الأسباب في عدم استخدام الفحم على نطاق واسع هو اثره السيء على البيئة والإنسان إذ أنه مصدر رئيسي لتلوث الهواء وما يسببه من مشاكل صحية.

والتعدين السطحي للفحم الحجري يخلّف وراءه أراضي وعرة مما تؤدي إلى تشويه التربة وعدم صلاحيتها للزراعة كما أن احتراق الفحم الحجري قد يؤدي إلى تجمع غاز ثاني أكسيد الكربون الذي يؤدي إلى ارتفاع درجة حرارة الجو وهي تعتبر من المشاكل الرئيسية التي تواجه سكان العالم وذلك بسبب ما يعرف بالاحتباس الحراري.

## النظام الأيكولوجي:

### نشأة مفهوم النظام الأيكولوجي وتطوُّره:

أصبحت الحاجة، في السنوات الأخيرة من القرن العشرين، أكثر إلحاحاً على إعادة النظر في أسلوب التحليل البيئي. وغدت المجتمعات تمارس ضغوطاً في هذا

الاتجاه، مع ظهور المشكلات البيئية وتفاقمها، وتهديدها للأحياء. ولقد ظلت المجتمعات الصناعية، على وجه الخصوص، تعامل البيئة على أنها مصدر مضمون، لا يضيره استنزاف موارده؛ وذلك حتى أواخر هذا القرن، حين بدأ الاتجاه نحو تحقيق فهْم افضل، للعلاقة بين المجتمع والبيئة الطبيعية، بدلاً من التسابق إلى استنزافها. وتحقيق الموازنة، بين تلبية حاجات المجتمع والمحافظة على البيئة، يتطلب فهماً أفضل لعمليات، مثل: تدفق الطاقة، والدورات الجيوكيماوية الحيوية، وكيفية تسخيرها في إشباع حاجات الإنسان، على المدى الطويل. والاستمرار في هذا المنحى، مع التقدم العلمي والتقني، سينجم عنه تطوير أساليب جديدة في التعامل مع عناصر البيئة، وتغير طبيعة العلاقة بينها وبين الإنسان. ومع تبني هذه المفاهيم، كان لا بدّ من تطوير أُطُر فكرية جديدة، لتحليل العلاقة بينهما.

## استخدام نظرية النُظُم في تحليل العلاقات البيئية:

تقوم فكرة النظرية على تقسيم البيئة المحيطة، إلى عدد من النظُم المترابطة لكلٍ منها حدود واضحة؛ ويمكن قياس مدخلاته ومخرجاته من الطاقة والمادة؛ وهو مكون من عدد من العناصر، التي تتفاعل في داخله؛ وترتد آثار بعض مخرجاته على التفاعلات الداخلية.قد يكون التعريف بنظرية النظُم مدخلاً مفيداً، لمناقشة موضوع العلاقات البيئية مناقشة كلية. وهي، من منظور بيئي، تحدد العلاقات المتبادلة، في الطبيعة. كانت بداية فكرة النظرية على يد العالم البيولوجي، "لودويج فون بيرتيلانفي" Ludwig Von Beralanffy، في العشرينيات من هذا القرن، في إطار محاولته تأكيد القوانين، التي تحكم حياة المخلوقات الحية. وقد استخدمت الفكرة، لاحقاً، عام 1949، في دراسة آلية الضبط في العلاقات الطبيعية. وهذه الفكرة، التي تقوم على تقسيم الكل إلى عدد من النظُم المترابطة، فحواها أن التغير في احد عناصر النظام، سيقود، حتماً، إلى تغيرات متفاوتة في جميع العناصر الأخرى.

اقترح عالما الجغرافيا الطبيعية: تشورلي وكيندي Chorley، & Kenndy في اوائل السبعينيات، في كتابهما: "الجغرافيا الطبيعية: بطريقة النظم

"Physical Geography: A System approach"، استخدام النظرية الآنفة في تحليل الظاهرات الجغرافية. وقدّماها كأداة لتقسيم كلٍّ معقد، هو البيئة، إلى أنظمة فرعية مترابطة Subsystems؛ قد يرتبط بعضها بتفاعلات طبيعية، وبعضها الآخر بتفاعلات بشرية. لذا، فالنظرية تسهل التعامل مع أنظمة فرعية، مرتبطة بمؤثرات مختلفة، وتحكمها نظُم تفاعل مختلفة؛ وتحافظ على النظرة الكلية بتحليل التفاعل بين الأنظمة الفرعية.

يعزى الاستخدام الواسع لنظرية النظُم، في العلوم الطبيعية، إلى أنها تعطي الباحثين إطاراً، لتحديد وقياس عناصر النظم البيئة وعملياتها وتفاعلاتها ومدخلاتها ومخرجاتها؛ ما يسهّل التنبؤ باتجاهات تغيُّرها، وطبيعة استجابتها للتغيرات المتوقعة.

في الواقع، كل النظم البيئية نظم مفتوحة، تعبُر المادة والطاقة حدودها، في الاتجاهين. وهي، بطبيعتها، في حالة استقرار ديناميكي؛ إذ تتوازن عناصر النظام، وعملياته، ومدخلاته، ومخرجاته. ويحافظ على هذه الحالة من التوازن، بآلية للضبط الداخلي، يطلق عليها آلية التغذية السلبية الراجعة Negative Feedback Mechanism. فالتوزيع غير المتوازن لحرارة الكون، مثلاً، يقابله الدورة الهوائية، التي تنقل الطاقة الحرارية، من المناطق المدارية نحو القطبَين. وعلى النقيض من ذلك، فإن لآلية التغذية الإيجابية الراجعة Positive Feedback Mechanism أثراً معاكساً تماماً؛ وهي عامل أساسي من عوامل التغير البيئي. ومثال ذلك، تدمير الغطاء النباتي، يقود إلى تعرية التربة؛ وتعرية التربة، تحُول دون نمو الغطاء النباتي، مرة أخرى. ولكن التغذية الإيجابية الراجعة، تحدث، عادة، بالتدريج؛ وذلك لأن النظُم البيئية، بتفاعلاتها الداخلية، وتغذيتها السلبية الراجعة، تميل إلى استعادة التوازن، وعدم التغيير؛ فيكون هناك وقت، بين التغير في المدخلات، أو محفزات التغير، والاستجابة، أو التغير في مخرجات النظام؛ وذلك باستثناء الكوارث الطبيعية، كالثورانات البركانية، أو الزلازل.

كان المحفز الرئيسي للتغذية الإيجابية الراجعة، في النظُم البيئية، وللتغيرات البيئية، خلال العصور الجيولوجية، هو التغيرات المناخية. ولكن، في الفترة الأخيرة، أصبح النشاط الإنساني، هو اكثر عوامل التغذية الراجعة الموجبة فاعلية. والواقع، أنه لا يوجد نظام من الأنظمة البيئية الكثيرة، لم يتأثر بالأنشطة البشرية. وفي معظم الحالات، كان التأثير متعمداً من قبل الإنسان، مثل قطع الغابات في أوروبا، سابقاً، وفي المناطق المدارية، حالياً. وفي كثير من الحالات، أمعن فيه، فأسرف، مثلاً، في استعمال الوقود الأحفوري، الذي ظهرت آثاره، في الوقت الحاضر، في الضغط الحمضي على الأنظمة الأيكولوجية. وبدأ العالم، الآن، يتنبه لاحتمال ارتفاع متوسط درجة الحرارة العالمي، الذي يمكن ان ينتج من ازدياد تركّز غاز ثاني أكسيد الكربون، والغازات الحابسة الأخرى، في الغلاف الغازي.

التغيرات المذكورة، وغيرها كثير، نجمت عن تأثر آلية الضبط الداخلي لأنظمة سطح الأرض، بمؤثرات خارجية، معظمها بشرية، أو ناشئة عن النشاط البشري. وتحولت إلى مشكلات مزمنة؛ لأن التغذية الإيجابية الراجعة، كانت أقوى من عوامل التوازن داخل الأنظمة البيئية؛ ما أدى تغيرات ملحوظة. نظرية النظُم تقدم إطاراً عملياً، يمكن من خلاله تطوير حلول لمشكلات مزمنة، الحيلولة دون نشوء مشكلات جديدة وتفاقمها؛ مع أن ذلك يتطلب تحليلاً مستفيضاً للعلاقات المتبادلة، بين نظُم سطح الأرض، وفي داخلها والأصعب من ذلك، أنه يتطلب تحديد القيم الحرجة Thresholds. إن تحديد القيم الحرجة، سيكون خطوة بعيدة المدى، للحيلولة دون تدهور المصادر؛ وهو أمر حيوي، عند استبدال سياسة المحافظة بسياسة الاستنزاف والتدمير. مثلاً، كم من الغطاء النباتي، في منطقة ما، يمكن أن يزال قبل أن تحدث تعرية فعلية للتربة؟ أو ما هي المحاصيل، التي يمكن زراعتها، لتوفر للتربة اقصى قدر من الحماية من التعرية؟ يقول آرثر تانسلي Arthur Tansley 1935، في العلاقة بين النظام الأيكولوجي والنظُم العامة: "إن المفهوم الأساسي، هو النظام الشامل، الذي لا يقتصر على الأحياء فقط؛ وإنما يشمل، كذلك، العوامل الطبيعية المعقدة، التي تشكل ما نسميه البيئة".

كما استخدمت نظرية النظُم، كمنهج لفهْم التفاعلات الاجتماعية. ولكن، لم تثبت فاعليتها في تحليل التفاعلات، الاقتصادية والاجتماعية، المتبادلة؛ لسببَين:

أولهما: أن قدرة الباحثين والعلماء في العلوم الاجتماعية، على إدراك وتحديد العلاقات المتبادلة بين الأنظمة الاجتماعية الفرعية Social Subsystems – محدودة، لا تسمح بتطبيق نظرية النظُم؛ وذلك على الرغم من التقدم، الذي أحرزه العلماء، في فهْم تركيب الجماعات واتجاهاتها، في العلاقات، الاقتصادية والسياسية والاجتماعية. وهذا لا يعني أن نظرية النظُم غير ذات فائدة، في هذا الجانب؛ ولكنها، بالتأكيد، ليست الأسلوب الأمثل للتحليل، في الوقت الحاضر.

ويُنْتَقَد على تطبيق نظرية النظُم على الجوانب البشرية، أنها لا تراعي روح الإبداع والابتكار، في المجتمعات البشرية؛ فعلى الرغم من الفهْم القاصر للمجتمعات، فإن كثيراً من العلاقات والروابط، الاجتماعية والسياسية، التي تقوم بين الناس، يمكن تحليلها، لبلوغ درجة أفضل من الفهْم، وللوصول إلى توقعات مستقبلية. وذلك واضح في العلاقات الاقتصادية، مثلاً؛ إذ أمكن الوصول إلى توقعات قصيرة الأجل، ناجحة، لردة فعل الناس، حيال بعض التغيرات الاقتصادية. ولكن بني الإنسان قادرون على ابتكار سُبُل جديدة، لتنظيم أنفسهم، بل يمكن أن يغيروا قيمهم وتنظيماتهم السياسية. وهذه التغييرات، تعني أن التحليلات السابقة، فقدت فاعليتها؛ وأن مناهج جديدة لتوقع التغييرات الاجتماعية وفهمها، باتت مطلوبة. ومع أن نظرية النظُم قادرة على تحليل النظُم البيئية الديناميكية، إلى أنها عاجزة عن ملاحقة التغييرات المتجددة في العلاقات البشرية، التي هي من خصائص الأنظمة البشرية.

على الرغم من الحماس، الذي حظيت به نظرية النظم، من علماء الاجتماع، في الخمسينيات والستينيات من القرن العشرين، إلا أنها لم تتمخض

بفهم أعمق للمجتمع البشري. ولم يتمكن مستخدموها من إثبات أن استخدامها في فهم المجتمع، من خلال تحليل التفاعلات المرافقة للعمليات الاجتماعية المعقدة. أشدّ فاعلية في تحليل التغيرات الاجتماعية، من الأساليب الأخرى. وعلى الرغم من قصورها عن تحقيق النجاح المطلوب، فإن هناك اتجاهاً، في الوقت الحاضر، لبناء نماذج تحليلية، على أساسها. وسبب انبعاث هذا الاتجاه من جديد، هو تجدد الاهتمام بالمشكلات البيئية العالمية، والحاجة إلى الوصول إلى سيناريوهات محتملة للتغيرات المستقبلية، التي قد تنتج من تبنّي سياسات معينة.

**ما النظام الأيكولوجي؟**

إن مصطلح النظام الأيكولوجي، لا ينفصل عن نظرية النظُم، ما دام يمثل نوعاً من النظُم البيئية، التي تشتمل على مخلوقات حية؛ بل إنه اكثر قبولاً منها، كأساس لإطار شامل، للنظر إلى البيئة والمجتمع، كوحدة واحدة؛ إذ البشر أعضاء فاعلون، في النظام الأيكولوجي، مثل النبات والحيوان. ومن منظور زمني؛ فقد ظل الإنسان، عبْر جزء كبير من تاريخه، عضواً مكملاً للنظام الأيكولوجي، بدلاً من أن يكون متحكماً فيه.

نحتت كلمة Ecosystem من كلمتي Ecological System، المنبثقتَين من دراسة الأيكولوجيا، والمنحوتة من كلمتَين إغريقيتَين: أويكوس Oikos، بمعنى منزل؛ ولوقوس Logos، بمعنى دراسة؛ فالأيكلولوجيا، إذاً، هي علم دراسة الأحياء في مواطنها الطبيعية. وقد عرّفها عالم الحيوان الألماني، أرنست هايكل (Ernst Haekel,)، بأنها "علم دراسة علاقة الأحياء بمحيطها الخارجي". وهي علاقة تتسع لتشمل كلّ ظروف البقاء؛ وقد تكون مخلوقات أخرى أو جمادات، أطرافاً فيها. فالأيكولوجيا تركّز في العلاقات المتبادلة، بين العناصر العضوية وغير العضوية، في البيئة؛ وتطلق عليها مصطلح Ecosystem، النظام الأيكولوجي، الذي وضعه عالم الأيكولوجيا البريطاني، آرثر تانسلي.

والنظُم الأيكولوجية Ecosystems، مثل النظُم العامة، تتكون من قطاعات، بينها تبادل، وعمليات مستمرة في حالة توازن ديناميكي، ما لم يخل بهذا التوازن. وهي تحافظ على حالة التوازن بواسطة ميكانيكية التغذية السلبية الراجعة. ويجري تغييرها والإخلال بها بوساطة آلية التغذية الإيجابية الراجعة، الناجمة عن تغيّر في المدخلات، أو تدخّل خارجي في تبادل الطاقة أو المادة داخل النظام. والأنشطة البشرية، هي المسؤولة عن كثير من عمليات التغذية الإيجابية الراجعة، التي تقود إلى التغيرات البيئية، متى ما اجتيزت حدود القيم الحرجة. يمثّل تدفق الطاقة قلب العمليات، التي تحدث في النظام الأيكولوجي؛ إذ إن تغذية الشمس الغلاف الغازي بالطاقة تحدد المناخ العالمي، وتفرض ظروفاً مناخية، هي من أهم العوامل البيئية التي تتحكم في نمو النبات، الذي يكوّن الأخضر منه سبيل الحياة العضوية، على وجه الأرض. ففي عملية التمثيل الضوئي، يجمع النبات بين ثاني أكسيد الكربون من الغلاف الغازي، والماء من التربة، والطاقة من الشمس؛ لإنتاج مادة عضوية، هي الكربوهيدرات، الطاقة الشمسية، إذاً، تحوَّل إلى طاقة غذائية؛ لذا، يسمَّى النبات الأخضر مخلوقات ذاتية التغذية Autotrophs، لقدرتها على تحويل الطاقة إلى ماهية أخرى. والمادة العضوية المنتجة، الناتج الإجمالي الأولي لهذه العملية. توفر مصدراً للطاقة الغذائية، للمخلوقات الأخرى، عضوية التغذية Heterotrophic، التي لا تستطيع توليد طاقتها بنفسها. فالإنتاج الأولي، هو أساس الشبكة الغذائية؛ إذ إن العلاقات الغذائية، تميز النظام الأيكولوجي بكافة مستوياته. وكلُّ الحيوانات والبشر، يعتمدون على قدرة النبات على إنتاج الطاقة الغذائية. ولم يمكن العلم، بعد، تحسين هذه العملية؛ وربما كان ذلك ممكناً، باستخدام الهندسة الوراثية. وعلاوة على ذلك، فإن معظم المشكلات البيئية، المثيرة للجدل، حالياً، مثل: تدمير الغابات، وتعرية التربة، والتصحر. ناتجة بشكل مباشر من محاولة الإنسان تعديل القنوات، التي تسير في خلالها الطاقة، داخل النظام الأيكولوجي، بإحلال الأنظمة الزراعية محل الأنظمة البيئية الطبيعية.

لقد عرض عالم الأيكولوجيا الأمريكي، "يوجين اوديم" ( Eugene P.Odum)، عرضاً ميّسراً، أهمية مصطلح النظام الأيكولوجي، في اختبار العلاقة بين الإنسان والبيئة؛ وذلك بالتركيز في الدور الرئيسي لقنوات تدفق الطاقة، وفي نموذجه، تبدو الأنظمة، الحضرية والصناعية، التي تعمل بالوقود (المدن والمجتمعات البشرية)، مناطق مستهلكة للطاقة، ومنتجة للمخلفات. وهذه الطاقة المستهلَكة، تستمد من ثلاثة مصادر، هي: الأنظمة الأيكولوجية الطبيعية، والأنظمة الزراعية، والأنظمة الأيكولوجية القديمة (الوقود الأحفوري)؛ ما يوضح اعتماد المجتمعات على البيئة، في الغذاء والوقود. ويسفر إنتاج الغذاء والوقود واستخدامهما عن تراكم مخلفات، سببت أنواعاً عديدة من المشكلات البيئية؛ وقد تضعف أو تفسد الأنظمة الأيكولوجية الطبيعية. ويتيح مفهوم النظام الأيكولوجي تفصيل الاعتمادية المتبادلة، بين البشر والبيئة الطبيعية، في الحصول على الطاقة. ولكن من الصعب استخدامه في اختبار تفاعل الناس والبيئة، إذا كان المطلوب توقع ردود الفعل البشرية المحتملة للتغيرات البيئية. في بعض الحالات، ربما يمكن النظر إلى الإنسان، على أنه مخلوق من المخلوقات الحية، التي يزخر بها النظام الأيكولوجي. ولكن، لأغراض أخرى لا بدّ من مراعاة الطاقة البشرية، والتنوع، والتعقيد في القيم، والمحفزات، وكذلك البناء الاجتماعي والاقتصادي، وطريقة تعامل الناس والبيئة. مشكلات تطبيق مفهوم النُظم الأيكولوجية، على التصرفات البشرية، أوضحتها الانتقادات، التي وجهت إلى مدرسة شيكاغو الحضرية، المتمثلة في أعمال بارك وبرقيس (Burgess & Park)، في العشرينيات والثلاثينيات من القرن العشرين، حين استعارا أفكار، وآلية التتابع، والسيطرة، والسيادة في المجتمعات النباتية؛ لشرح أنماط استخدامات الأراضي، في مدينة شيكاغو الأمريكية.

**فرضية جايا:**

أعلن هذه الفرضية، في منتصف الستينيات من القرن العشرين، العالم البريطاني المستقل، "جيمس لوفلوك" James Lovelock، من كورن ويل Cornwall. وسماها باسم إله الأرض عند الإغريق. وتقول الفرضية، إن الأرض

تنفعل، وكأنها كائن حي؛ وإن الأحياء، من نبات وحيوان وإنسان، تضبط درجة الحرارة، ومكونات سطح الأرض، بما في ذلك الغلاف الغازي. الأحياء على هذا الكوكب Earth's biota، هم، إذاً، جزء من نظام ضبط للظروف الملائمة للمعيشة، على سطح الأرض. اثارت هذه الفرضية جدلاً شديداً. فانتقد عليها معارضوها فكرتها الأساسية، القائلة بأن الأرض مخلوق حي؛ معارضة بذلك معارضة واضحة، نظرية دارون التطورية، التي كانت مقبولة لدى قطاع عريض من العلماء، حينها. كما أُخذ عليها صعوبة اختبارها. وعاب علماء الغرب انطلاقها من فلسفة غائية، قوامها أن التغيرات، تمهد لأهداف معينة؛ وأن هناك نهاية محددة للكون.

إن نظرة لوفلوك إلى كوكب الأرض، على أنه كائن حي، يصعب إقرارها؛ إذ إن جزءاً كبيراً من مكوناتها غير عضوي. ولكن مؤيدي الفرضية، عدَّلوا في هذا الجانب قليلاً، فرأوا ان للأرض نظاماً واحداً، يسفر نشاط الأحياء فيه عن ضبط العلاقات، المتبادلة بين مكوناته غير العضوية. ولهذه النظرة شواهد مؤيدة كثيرة؛ فالأشجار مثلاً، تأخذ في عملية التمثيل الضوئي، ثاني اكسيد الكربون، من الغلاف الغازي، وتطلق الأكسجين؛ مؤثرة بذلك في تركيب ذلك الغلاف. زد على ذلك أن انواعاً معينة من البكتريا، في التربة؛ وشعيرات الجذور لبعض النبات . تحوِّل النيتروجين من حالته الغازية، في الغلاف الغازي، وفي غازات التربة، إلى نترات، يمكن النبات أن يستخدمها مصدراً للنيتروجين.

وفيما يتعلق بنظرية التطور، يجادل لوفلوك (1990) في النظرية التقليدية، يعيبها إعطاء دور سلبي للأحياء، في خلال تاريخ الأرض. كلٌّ من نظرية دارون التطورية، التي تقول بالتحول التدريجي المطَّرد Steady gradual evolution؛ ونظرية التحول المتقطع Punctuated evolutionary theory، التي تفصل فيها فترات من التغير السريع، بين فترات طويلة من الاستقرار. تقوم على أن التغير، يحدث استجابة للبيئة الطبيعية. وفرضية جايا تعالج هذا القصور، بالنظر إلى التطور، على أنه نتاج للعمليتَّين مجتمعتَين. وعلاوة على ذلك، يجادل لوفلوك في أن الحياة والبيئة الطبيعية، تتغيران معاً، وليس إحداهما تتحكم في

الأخرى. لذا، فالمسار التطوري، للأحياء وللبيئة الطبيعية، هو تبادلي، يعتمد فيه كلٌ منهما على الآخر؛ فالانتخاب الطبيعي Natural Selection، حسب رايه، سيحدث إذاً، كما اقترح دارون؛ ولا تعارض بين النظريتّين.إن أكثر الاعتراضات على فرضية جايا، إثارة للجدل، هو عدم إمكانية اختبارها. ففي حين يمكن تأكيد بعض جوانب الفرضية، بالملاحظة، فإنه لا يمكن تأكيد أن العلاقة التبادلية، بين الأحياء وبيئاتها الطبيعية، هي أهم عامل، حدد طبيعة الحياة، وخصائص البيئة الطبيعية على الأرض. فمن جوانب النقاش، مثلاً، حقيقة أن نمو النباتات الخضراء، منذ 2500 مليون سنة، ساعد على بناء غلاف غازي غني بالأكسجين؛ ربما اسهم ذلك في جعل التطور يأخذ منحى آخر، حرم النباتات الخضراء نموّها، وحال دون ارتفاع تركّز الأكسجين في الغلاف الغازي. وبمقياس زمني اقصر، يظهر تحليل عينات الهواء، المحبوسة في طبقات الغطاءات الثلجية القطبية، أن الفترات، الجليدية والدفيئة، تميزت بتغيرات في تركّز ثاني اكسيد الكربون، في الغلاف الغازي. وربما نتج انخفاض نسبة ثاني اكسيد الكربون، في الغلاف الغازي، في خلال الفترات الجليدية، من زيادة في انتشار النباتات الخضراء؛ إلى جانب التغيرات في الدورات المحيطية؛ ودفن المواد العضوية تحت الغطاءات الجليدية. ولكن تعقيد التفاعلات، المرتبطة بهذه الجوانب؛ وكثرة المدخلات والمخرجات، في خلال التاريخ الجيولوجي، تعنيان عدم إمكانية التحليل الشامل لهذه العملية. والسؤال الأكثر حرجاً، هو: هل تتغير المجتمعات البشرية، بكونها من الأحياء على سطح الأرض، بتغير البيئة، وبخاصة الغلاف الغازي؟ وإن حدث هذا التغير، فهل سيكون إلى درجة، تجعل الغلاف الغازي غير صالح للبشر؛ بل سوف يصبح، وفق الفكر الداروني، غير ملائم للبقاء؟

تتمثل علاقة فرضية جايا بموضوع النظام الايكولوجي، في نظرتها الكلية أو الشمولية إلى البيئة الطبيعية والأحياء. تلك النظرة التي تشاركها فيها نظرية النظُم، ومفهوم النظام الأيكولوجي. فهذه الفرضية لا تقترح الربط بين الحياة والبيئة، بل تركز في أن الروابط بينهما، حددت المسار التطوري لعلاقتهما المتبادلة؛

فلا يوجد تأثير أو تحكّم من طرف واحد. والربط التفاعلي المتبادل، غير السلبي، بين الأحياء والبيئة الطبيعية، ظاهر في الدورات البيوجيوكيماوية. وهي عمليات حيوية أساسية، للحفاظ على النظام الأيكولوجي، مثلها مثل تدفق الطاقة؛ إذ تعنى بدورات تدفق مواد، تحدث في البيئة الطبيعية. ومعظم العناصر الطبيعية، مثل، الكربون والهيدروجين والأكسجين والنيتروجين، لها قنوات تدفق بين مخازنها الطبيعية. هذه المخازن، وهي: الغلاف الغازي، والغلاف الحيوي، والغلاف الصخري، والغلاف المائي، تتبادل المواد، بوساطة نواقل أو محركات للتبادل، هي من الأحياء، في الغالب.

**انواع نظم المعلومات الجغرافية:**

نظم المعلومات الجغرافية تتنوع من حيث طبيعة المعلومات إلى نوعين فقط هما:

- نظم المعلومات الجغرافية الخطية.
- نظم المعلومات الجغرافية المساحية.

**المعلومات الجغرافية الخطية:**

يهتم هذا النوع من النظم بالبيانات الخطية أو الاتجاهية والتي تتمثل في ثلاثة انواع من البيانات:

1. فأولى منها هي النقطية: اي تلك البيانات التي توقع على الخرائط على هيئه نقطه او في موقع محدد له إحداثية سينية وصاديه واحده فقط، مثل موقع مدينة ما او موقع بئر او موقع محطة بترول.
2. والثانية: هي البيانات الخطية اي البيانات التي تأخذ شكل الخط على الخرائط مثل طريق، أو حد سياسي، أو خط مجرى مائي.
3. اما ثالثا: هي البيانات المساحية وهي المساحات التي يمكن تحديدها بخط مثل الأقاليم الزراعية، أو المناطق العمرانية، أو المساحة التي يمتد عليها مطار ما او بحيرة أو حديقة....الخ.

**نظم المعلومات الجغرافية المساحية:**

تتركز أهمية هذا النوع في معالجة البيانات التي تتكون من وحدات مساحية صغيرة يطلق عليها Pixel مربعة الشكل والتي غالبا ما يتم إدخالها إلى الحاسب الآلي بواسطة أجهزة الماسح وتتمثل هذه المعلومات في الصورة الجوية أو المرئيات الفضائية لذلك يطلق على النظم التي تعالج هذا النمط من المعلومات اسم نظم معالجة المرئيات الفضائية أو الصور، وهذه النظم تعتبر أقدم عمراً من نظم المعلومات الجغرافية، والتي زادت أهميتها منذ نجاح معالجة الصور الجوية بالحاسب الآلي.

**المتطلبات الأساسية اللازمة لنظم المعلومات الجغرافية GIS:**

- متطلبات علمية معلوماتية.
- متطلبات فنية.
- متطلبات بشرية.

**متطلبات علمية ومعلوماتية:**

يقصد بها هي تلك الدعائم العلمية التي تستمد منها نظم المعلومات الجغرافية الأفكار العلمية والمناهج التطبيقية، بالإضافة إلى المصادر المعلوماتية المختلفة ويمكن ذكر أنواع المتطلبات العلمية كالآتي:

أ. الخرائط الأساسية.
ب. المعلومات البيئية.
ج. المعلومات المساحية والهندسية.
د. المعلومات التخطيطية.
ه. المعلومات الخاصة باستخدامات الأراضي.
و. المعلومات الإدارية.

**متطلبات فنيّة:**

**تتشعب المتطلبات الفنية في اتجاهين يكمل كل منهما الآخر وهما:**

1. **مكوّنات الحاسب الآلي** Hardware.
2. **البرامج التطبيقية** GIS Application Software.

**تهتم هذه الفقرة بتغطية المتطلبات الفنّية في كل اتجاه على حده.**

**1) مكونات الحاسب الآلي:**

**من حيث المبدأ يمكن تقسيم مكونات الحاسب الآلي إلى ثلاث وحدات رئيسية تغطي جميع مراحل التعامل مع أجهزة الحاسب وطبيعة الأجهزة المطلوبة في كل مرحلة.**

**وحدة إدخال/ وحدة معالجة وتخزين/ وحدة اخراج.**

**متطلبات بشرية:**

**تعتمد نظم المعلومات الجغرافية على هيكل تنظيمي إداري خاص تتوفر فيه الخبرة بجانب تقنيات الحاسب والدراية الكافية في مجال تصميم نظم معلوماتية متكاملة وما يتعلق بذلك من الخلفيات العلمية اللازمة لغرض تصنيف المعلومات وكيفية الحصول عليها وإدخالها إلى الحاسب، هذا إلى جانب الإلمام بالمحاور المختلفة المتعلقة بتحقيق الروابط بين المعلومات للوصول إلى التطبيقات المتعددة وكما سبق وان ذكرنا فان درجة نجاح نظم المعلومات الجغرافية مرتبطة بدرجة توافق مكوّناتها الأساسية وهي: مكونات الحاسب، البرامج التطبيقية، وقواعد البيانات ثم الأفراد العاملين على النظم.**

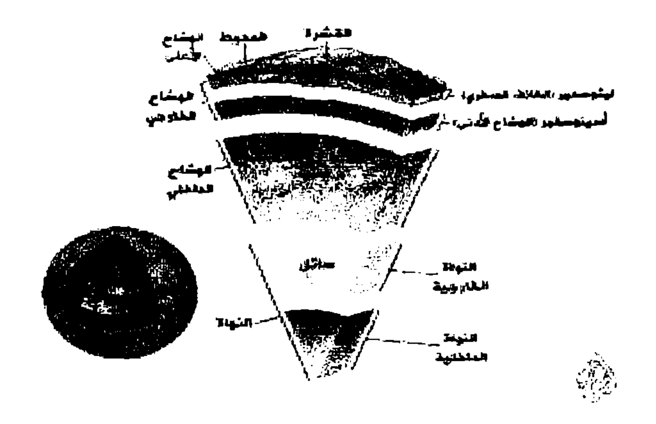
ومن اهم العناصر البشرية (الأفراد) اللازمة لنظم المعلومات الجغرافية هم:

أ. مدير النظمSystems manager
ب. محلل نظم المعلومات الجغرافيةGIS analyst
ج. مشرف قواعد المعلوماتData **** manager
د. مشرف على معالجة البياناتSenior processor
ه. كارتوجرافيCartographer
و. مشرف لمرقم الخرائط Digitizer Operator.
ز. مشرف إداري نظم الحاسب Computer system administrator.
ح. مبرمج Programmer.
ط. مستخدمونUsers.

الغلاف الصخرى لكوكب الارض ينقسم الى مجموعة من النطاقات او الطبقات المتتابعه وهي:

1. القشرة الارضية: وهي نطاق خارجي رقيق جدا.
2. الوشاح – المانتيل– الغطاء الخارجي: وهو نطاق صخري يقع تحت القشرة ويبلغ سمكه حدا اقصى مقداره 2885كم.
3. اللب او باطن الارض وهو ينقسم الى طبقتين هما.

أ. اللب الخارجي السائل: وهو نطاق يبلغ سمكه 2270كم وله خصائص السائل المتحرك.
ب. اللب الداخلي الصلب: وهو كره معدنيه صلبه يبلغ نصف قطرها 1216 كم.




(1) قشرة الأرض (Earth's Crust) بسمك يتراوح بين 30 و50 كم في القارات، وبين 8، 5 في قيعان البحار والمحيطات.

(2) الوشاح الأعلى من اوشحة الأرض(uppermost Mantle)، ويتراوح سمكه بين 35 كم و100كم فوق القارات، وبين 57 و65 كم فوق قيعان البحار والمحيطات. ويحيط الغلاف الصخري للأرض بعدد من النُّطُق الداخلية التي تترتب من الخارج إلى الداخل على النحو التالي:

(3) نطاق الضعف الأرضي(Asthenosphere)، ويمثل النطاق الفوقي من اوشحة (Upper Mantle)، ويمتد إلى عمق 700 كم في داخل الأرض، وهو في حالة مائعة، لزجة، شبه منصهرة، تحت ضغط عال، وفي درجة حرارة قريبة من درجة الانصهار، مما يؤدي إلى سلوك المادة فيه سلوكاً مرناً.

(4) الوشاحان الأوسط والأدنى (Middle and Lower Mantle) ويمتدان إلى عمق 2900كم، ويتكونان من مادة صلبة، ذات كثافة عالية، في درجة حرارة مرتفعة وتحت ضغوط فائقة، وتزداد هذه الصفات كلها مع تزايد العمق.

(5) اللب الخارجي للأرض(Outer Core) ، ويتكون من مواد سائلة تتركب أساساً من الحديد والنيكل وقليل من الكبريت (او السيليكون)، ويمتد إلى عمق 5200 كم، ويطلق عليه اسم اللب السائل او اللب المائع (Liquid or fluid core).

(6) اللب الداخلي للأرض(Inner core) ، وهو عبارة عن كرة من الحديد والنيكل مع بعض العناصر الأخرى مثل الكبريت (أو السيليكون)، يبلغ نصف قطرها 1170كم، وتسمى باسم اللب الصُلب للأرض (Solid core) أو نواة الأرض الصلبة (Solid Earth's Nucleous).

ويتكون الغلاف الصخري للأرض (Lithosphere) من كل من قشرتها ووشاحها الأعلى، ويتمزق هذا الغلاف الصخري بشبكة هائلة من الصدوع التي تحيط بالأرض إحاطة كاملة إلى عمق يتراوح بين 62كم، 150 كم، والتي تقسم هذا الغلاف إلى عدد من الألواح (plates) تسمى باسم الواح الغلاف الصخري للأرض(Lithospheric Plates)، وتتحرك هذه الألواح بفعل تيارات الحمل النشطة في نطاق الضعف الأرضي إما متباعدة عن بعضها البعض، فتؤدي إلى توسع قيعان البحار والمحيطات (Sea– Floor Spreading)، أو مصطدمة ببعضها البعض فتؤدي إلى تكون السلاسل الجبلية، أو منزلقة عبر بعضها البعض، ويكثر حدوث كل من الزلازل والثورانات البركانية عند حدود ألواح الغلاف الصخري خاصة عند مناطق تصادمها، وحركة الواح الغلاف الصخري للأرض تتم ببطء شديد جداً يتراوح معدله بين 1 و10 سنتيمترات في السنة ليتعاظم أثرها عبر ملايين السنين.

**أولاً: القشرة الأرضية:-**



يصل سمك القشرة الأرضية في المتوسط الى حوالي 15كم مما يجعلها اقل سمكا من اي نطاق اكتشف حتى الان ولكن على امتداد هذا النطاق الرقيق هناك تفاوت في تركيب الصخور وفي سمكها فينما يبلغ سمك صخور القشرة الأرضية في الكتل القارية حوالي 15كم فان سمك القشرة المحيطة هو اقل بكثير اذ يبلغ في المتوسط 5كم ويصل اكبر سمك للقشرة الأرضية في عدد من المناطق الجبلية المعروفة اذ يزيد سمكها عن 60كم وبالمقارنة فان سمكها في الداخل المستقر للقارات يتراوح بين 10 و30 كم 0 ومن خلال دراسة سرعة الموجات الزلزالية الاولية فقد امكن التعرف على خواص القشرة المحيطية وتبين ان تركيب صخورها تختلف عن المواد المكونة للألواح القارية. ولوحظ ان زمن انتقال الموجات الاولية في صخور القشرة المحيطية تبلغ سرعتها 6كم في الثانية. بينما تتجاوز سرعتها في الالواح القارية 2كم في الثانية وقد اعدت تجارب معملية لتحديد انواع مواد الارض التي تحدث ازمنة انتقال مشابهة تقريبا لتلك المسجلة لهذه النطاقات الصخرية ومن هذه التجارب الى جانب الملاحظه الميدانية امكن التعرف على ان متوسط تركيب القشرة القارية هو اكثر شبها بخليط يتالف من الانديست والديوريت ولا يتركب من الجرلنيت الخالص.

وحتى منتصف القرن الماضي لم يتمكن علماء الجولوجيا من دراسة تركيب القشرة المحيطة العميقة التي تقع على عمق يتراوح بين عدة مئات من الامتار وحوالي اربعة كيلو مترات ولكن بتطوير سفينة الحفر في المياه العميقه المسماه "جلومر تشالنجر" امكن الحصول على كتل صخرية من قاع المحيطات وكانت معظم العينات التي قاموا بجمعها تتالف في الغالب من البازلت وهي تختلف نوعا ما عن الصخور المكونة للقارات.

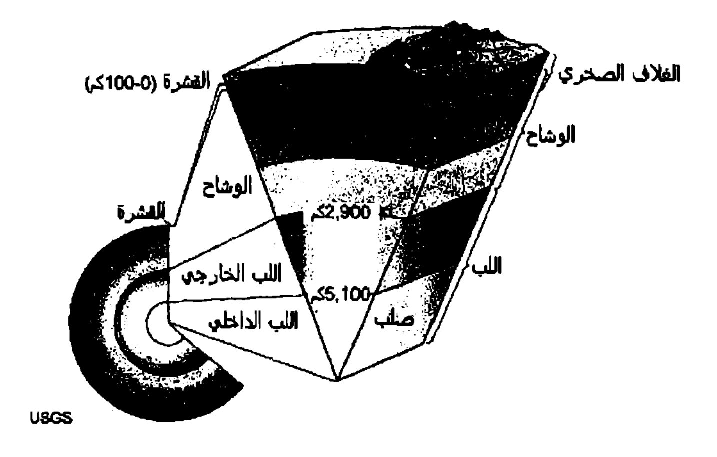
وتتشكل القشرة الأرضية من اخف المكونات المكونة للكواكب وهي تنقسم الى طبقتين هما: -

1. طبقة السيال السطحية التي تتالف من سليكات الالمونيوم ولا تزيد كثافتها عن 2.8/سم ويتراوح سمكها من 2 – 15 كم ويزيد سمك هذه الطبقه على اليابس ويقل سمكها على قيعان المحيطات. بل تكاد تنعدم تماما على قاع المحيط الهادي.
2. طبقة السيما: تقع هذه الطبقه اسفل طبقة السيال مباشرة الا انها اعظم منها كثافة حتى تصل كثافتها الى 3.4 جرام /سم ويعزى ارتفاع كثافتها لتكونها من سليكات الالمونيوم ويتراوح سمك القشرة الأرضية بين 25 – 70كم.

حد الاندسيت فاصل او حد جيولوجي يفصل بين طبقتى السيال والسيما ويتم تحديد عمقه حينما تختلف سرعة الموجات الزلزالية التي تصل عندها الفاصل وتسجل حوالي 4.6كم /ثانية.

الحد الموهوروفيشى: يطلق على هذا الحد الجيولوجى احيانا اسم حد الموهو نسبة الى مكتشفه عالم الزلازل اليوغوسلاي في "مموهورفيشيك" عام 1909 وهو الحد الفاصل بين القشرة الأرضية وطبقة المانتيل التي تقع اسفلها مباشرة حتى تبلغ سرعة الموجات الزلزالية فوق هذا الحد 8.1كم /ثانية ثم تزداد السرعه كلما توغلنا في اتجاه طبقة المانتيل مما يشير الى اختلاف المواد الصخريه عند هذا الحد الفاصل ويختلف عمق هذا الحد من منطقه لاخرى تبعا لسمك القشرة الأرضية مما ساعد على دقة تقدير سمك القشرة على اليابس الأرضي واعماق المحيطات.

**التركيب الداخلي للأرض اعتماداً على المكونات الكيميائية:**




تقسم الأرض اعتماداً على تركيبها الكيميائي (Chemical Composition) او مكوناتها المعدنية إلى ثلاث اغلفة رئيسة هي (من الخارج الى الداخل).

- **القشرة (Crust):**

هي الجزء الخارجي القاسي من الأرض الذي يتألف من عناصر مختلفة تشكل الصخور التي لا تختلف كثيراً فيما بينها في الخصائص الفيزيائية أو الميكانيكية. والقشرة تكون (2 ٪) من حجم الأرض و(2 ٪) من كتلة الأرض. والقشرة الأرضية تتكون من جزأين هما: القشرة القارية (Continental crust)يبلغ سمكها (75 كم)، وهي تتكون من صخور كرانيتية (Granitic Rocks) كثافتها حوالي (2.7 غم/ سم$^3$)، وهي معرضة إلى التشويه بشكل كبير وتحتوي على صخور يصل عمر اقدمها إلى (3800 بليون سنة). بينما القشرة المحيطية (Oceanic crust)يصل سمكها إلى (8 كم)، وهي تتكون من صخور بركانية تدعى البازلت (Basalt) كثافتها (3غم/سم$^3$)، وهي بصورة عامة غير متعرضة للتشويه بواسطة

عملية الطي، وهي احدث عمراً إذ يصل عمر اقدمها إلى (200 مليون سنة). هذه الاختلافات بين القشرتين القارية والمحيطية ضرورية جداً لفهم الأرض.

- **الجبة (Mantle):**

وهو الغلاف الثاني في الأرض، يبلغ سمكه حوالي (2900 كم) وهو يكون الجزء الأكبر من الأرض، إذ انه يشكل (82 ٪) من حجم الأرض و(68 ٪) من كتلة الأرض. تتكون الجبة من الصخور السليكاتية (Silicate Rocks) تتكون من السيليكون والأوكسجين ($SiO_4$) وكذلك يحتوي على الحديد والمغنيسيوم. أجزاء من الجبة تظهر على سطح الأرض بواسطة الانفجارات البركانية. وبسبب ضغط الطبقات الصخرية العليا فان الكثافة تزداد مع العمق من (3.2 غم/ سم$^3$) في الجزء العلوي من الجبة إلى (5 غم/سم$^3$) بالقرب من حافته مع اللب.

- **اللب (Core):**

هو الجزء المركزي من الأرض الذي يمتد من عمق (2900– 6370 كم) أي إلى مركز الكرة الأرضية. كثافته تزداد مع العمق ولكن معدلها حوالي (10.8غم/ سم$^3$). يشكل اللب (16 ٪) فقط من حجم الأرض ولكنه يشكل (32 ٪) من كتلة الأرض وذلك بسبب كثافته العالية. الأدلة غير المباشرة تشير إلى ان اللب يتكون بصورة رئيسية من فلز الحديد، لذلك فانه يختلف عن الجبة المكونة من المواد السيليكاتية.

**التكوين الصخري لقشرة الأرض:**

إختلف العلماء في تعريف الصخر، فمن قائل بأن الصخر عبارة عن أي كتلة طبيعية ضخمة قد تكون معدنية، أو شبه معدنية، او زجاجية، او من بقايا الأحياء، وفي هذا يكون الفحم والأسفلت من الصخور، إلى قائل بأن الصخور هي الكتل غير الحية (غير العضوية) المكونة لقشرة الأرض، إلى تعريف ثالث يقول بأن

الصخر عبارة عن مجموعة من المعادن، والتعريف الأخير في الواقع هو الذي يهمنا من بين التعريفات الثلاثة السابق ذكرها، مادام المعدن يمثل وحدة تركيب الصخر. والمعدن كما يعرفه العلماء هو أي مادة تتألف من عنصر كيمائي أو أكثر ومن عنصر، وهو ذو شكل بلوري خاص يميزه العلماء عن غيره من المعادن الأخرى. ولهذا يحسن في دراساتنا للصخور أن نتناولها من النواحي الآتية:

**أولاً**: معرفة العناصر الكيمائية الرئيسية التي تدخل في تكوين المعادن.

**ثانياً**: معرفة المعادن الرئيسية التي تتكون منها الصخور المختلفة، إذ أن معظم الأنواع الصخرية تتكون في الغالب نتيجة إختلاط معدنين أو أكثر نادراً ما تتكون من معدن واحد.

**ثالثاً**: دراسة أنواع الصخور، من حيث تفاوت درجات مقاومتها لعمليات النحت المختلفة وصور بنائها، وما يرتبط بها من معادن إقتصادية.

**أولاً العناصر الرئيسية التي تدخل في تكوين المعادن:**

إشتقت معظم العناصر التي تتكون منها المعادن الشائعة الإنتشار في صخور القشرة' إما من صخور القشرة الأرضية عند تعرضها للعوامل الكيمائية والميكانيكة، أو من مادة الصهير النارية بعد برودتها.

وعلى الرغم من أن عدد العناصر المعروفة هو 98 عنصراً حيث ما يقرب من 99.5٪ من معادن قشرة الأرض الخارجية (حتى عمق عشرة أميال) يتكون من ثلاثة عشر عنصراً فقط، بينما تدخل العناصر ال 85 الأخرى في تكوين نحو.5٪ من معادن القشرة الأرضية، وتضمههذ العناصر معظم المعادن المفيدة، والثمينة والنادرة مثل: البلاتين، والذهب، والفضة، والنحاس، والرصاص، والزنك، والنيكل.

أما العناصر الثلاثة الباقية وهي: الفسفور، والكربون، والمنجنيز، فتدخل في تكوين نسبة ضئيلة من معادن القشرة(نحو15%) ويتضح لنا ان الأكسجين هو أكثر العناصر الكيمائية إنتشاراً في صخور القشرة، إذ يوجد متحداً إتحاداً كيمائياً مع العناصر الأخرى مكوناً لما يعرف بالكاسيد مثل: السيلكا (اكسيد السيلكون) والألومنيا (اكسيد الألومنيوم)... إلخ.

ويلاحظ أيضاً أن السيلكون هو العنصر الكيمائي الذي يلي الأكسجين في الأهمية، كما أن اكسيد السيلكون (السيلكا) هو أكثر انواع الأكاسيد إنتشاراً في صخور القشرة، وهو يدخل في تكوين الصخرو الرملية والجرانيتية كما سنرى فيما بعد ومما يجدر ذكره أيضاً أن جميع العناصر الكيمائية السابق ذكرها – فيما عدا الأكسجين، والسليكوة والإيدروجين – يكون كل منها في حد ذاته فلزاً من الفلزات المعروفة، والسيلكون بالذات له وضع خاص فهو يدرج في عداد الفلزات واللافلزات على حد سواء، فإذا إتحد مثلاً اكسيد السيلكون مع اي اكسيد فلزي آخر فهو يكون في المعتاد ما يسمى بالسيلكات مثل: سيلكات الألومنيوم، وسيللكات الماغنسيوم ... إلخ.

**ثانياً: المعادن:-**

أما المعادن فعبارة عن مواد طبيعية غير عضوية، لها تركيب عنصري خاص وصفات متجانسة، وقد جرى العرف على تقسيم المعادن إلى معادن فلزية معادن لافلزية (او مواد أرضية مثل الفحم، والصلصال، والبترول) أما المعادن الفلزية مثل الذهب والنحاس والحديد والنيكل فهي ذات الوان طبيعية ثابتة، كما أن لها بريقاً معدنياً، ولها شكل خاص، فهي إما كلوية الشكل مثل بعض معادن الحديد، أو شجرية مثل معادن المنجنيز. وتتميز المعادن الفلزية أيضاً بأنها ذات صفات خاصة من حيث الصلادة، فالمعدن الصلد يمكن أن يخدش ما هو أقل منه صلابة.

أما المعادن اللافلزية فتختلف عن الفلزات في أنها تستخدم وهي على صورتها التي تستخرج بها من الطبيعة، فالصلصال مثلاً يستخدمه الإنسان لخواصه الطبيعية وليس لإحتوائه على الألومنيوم، كما ان الأسبستوس (الصخر الحريري) يستخدمه الإنسان لبريقه الحريري،و لشكله الليفي، ولا للحصول على الماغنسيوم الداخل في تكوينه.

ويمكن القول أن المعادن اللافلزية إنما تستخدم في الحقيقة لما لها من خصائص ومميزات طبيعية وليس لخصائصها الكيمائية أما من حيث المعادن الرئيسية التي تتكون منها الصخور المختلفة، فهي الأخرى على الرغم من أن المعروف منها يزيد على 2000 معدن إلا انه يمكن القول بأن التركيب المعدني لكثير من الأنواع الصخرية يمكن الإلمام به في حدود معرفة ما يقرب من 12 معدناً.

وتتكون معظم هذه المعادن من أكثر من عنصر كيمائي واحد (ولو ان بعضها مثل الذهب والنحاس والكبريت يمثل عنصراً واحداً) فالكوارتز مثلاً يتكون من عنصري الأوكسجين، والسيلكون، وهو يدخل في تركيب الرجانيت والصخورالرملية والجيرية.

والفلسبار وهو المعدن الذي يدخل في تركيب معظم الصخور النارية يتكون هو الأخر من خليط من عناصر الصوديوم، والكالسيوم، والبوتاسيوم، بالإضافة إلى السيلكا وينقسم إلى نوعين رئيسيين:

1. نوع يعرف بالبلاجيوكليز يتكون من سيلكات الألومنيوم، والصوديوم، والكالسيوم.



(الفلسبار)

2. نوع يعرف الأرثوكليز يتكون من الأومنيوم، والبوتاسيوم. وكثيراً ما يتعرض معدن الفلسبار لعوامل التفكك والتحلل المالي في الأقاليم المدارية المطيرة، وذلك بفعل الأمطار الغزيرة التي تسبب غسل الصخر من السيلكات، وتتخلف في النهاية بعض الأكاسيد التي لا تذوب في الماء مثل اكسيد الألومنيوم الذي يستخرج من خام البوكسيت.

وهكذا يمكننا ان نتناول معظم المعادن الأخرى بالتحليل لنجد انها تتكون جميعاً من عناصر كيمالية متحدة مع بعضها البعض وتختلف في نسبها من معدن إلى آخر ويمكن احياناً رؤية المعادن المكونة لنوع معين من الصخر بواسطة العين المجردة، فإذا نظرنا مثلاً إلى قطعة من الجرانيت لاستطعنا ان نعرف تكوينها المعدني، ولاستطعنا ان نميز بين معدن الفلسبار – الذي يتكون من بلورات بيضاء، او رمادية، او وردية اللون، وبين معدن الميكا الذي هو عبارة عن شظايا سمراء براقة. وبين معدن الكوارتز ذي اللون الأبيض وهو الذي يملأ الفراغ بين المعدنين الأولين. ولهذا نجد ان صخر الجرانيت يتكون من ثلاثة معادن رئيسية هي: الكوارتز ونسبته 31.3٪، والفلسبار ونسبته 52.3٪، والميكا 11.5٪.

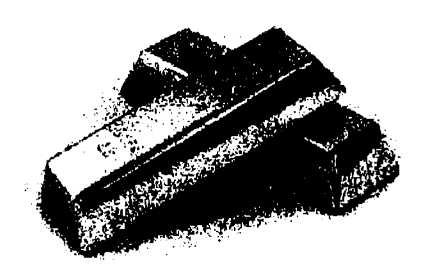
ويمكن كذلك أن نعرف التركيب المعدني للحجر الرملي بواسطة العين المجردة إذ إنه عبارة عن ذرات من الكوارتز ملتحمة ببعضها البعض، ولهذا نجد أن

الكوارتز يؤلف 70٪ تقريباً من التركيب المعدني للحجر الرملي، مع ملاحظة ان الكالسيت والدلومايت يتبعان الكوارتز في الأهمية إذ يعتبران بمثابة المواد اللاحمة التي عملت على تماسك ذرات معدن الكوارتز.

على أن تمييز معادن الصخر بواسطة العين كثيراً ما تحول دونه صعوبات عديدة، وذلك لأن المعدن عادة مايكون مختلطاً ببعض الشوائب الأخرى، كما ان معظم المعادن توجد في مركبات، إذ نجد بعضها مختلطاً بالكبريت، وبعضها الآخر متحداً مع بخار الماء او الجير، ولهذا يصعب تمييز المعدن وتشخصيه من وسط كل هذه الشوائب.

وهنالك بضع طرق يمكن بواسطتها تشخيص المعادن منها:

1. معرفة بريق المعادن، فبعض المعادن لها بريق معدني مثل الذهب، والجالينا (خام الرصاص)، وبعضها الآخر ليس له بريق معدني بل قد تكون زجاجية الملمس (مثل ملح الطعام، والكالسيت)، او شحمية (مثل الكبريت)، او حريرية (مثل الأسبستوس والجبس).



2. معرفة شكل المعدن، فقد تكون بعض المعادن على هيئة عنقودية مثل الكالسيدوني، أو شجرية مثل المنجنيز، او ليفية مثل الأسبستوس، أو كلوية مثل بعض خامات الحديد (الليمونايت).

3. معرفة درجة الصلابة، إذ أن المعادن الصلبة تخدش الأقل صلابة' فالماس يخدش الياقوت (الكورندوم)، والياقوت يخدشض التوپاز، والتوباز يخدش الكوارتز، والكوارتز يخدش أكسيد الحديد الأحمر (الهيماتيت) وهذا بدوره يخدش الكالسايت، والكالسايت أكثر صلادة من الجبس، والأخير أكثر صلابة من التلك.
4. معرفة التشقق، فالميكا مثلاً على شكل شرائح رقيقة جداً في إتجاه واحد، والكوارتز لا يتشقق، والهورنبلند يتشقق في أكثر من إتجاه.
5. معرفة الكثافة النوعية، إذ قد تتشابه المعادن في اللون أو البريق أو الشكل، ولكنها تختلف في كثافتها النوعية (التي هي عبارة عن النسبة بين وزن المعدن في الهواء، والفرق بين وزنه في الهواء والماء).
6. معرفة التكسر، إذ إن بعض المعادن إذا ما تكسرت يصبح سطحها أملس ويصبح بعضها أيضاً ذا سطح خشن غير منتظم.
7. معرفة الشكل البلوري، وهذه أهم وسيلة من وسائل تشخيص المعادن، فكل معدن من المعادن المتبلورة تنتظم ذراته في أشكا هندسية معينة، اما المعادن غير المتبلورة فليس لذراتها نظام معين، والفرق بين هذين النوعين يشبه الفرق بين جيش إنتظم جنوده في كتائب وتشكيلات مرسومة وفق خطة معينة، وبين جموع من المتظاهرين المتناثرين هنا وهناك.

وقد كان "نيكولاوس ستينو"، أول من أرسى قواعد علم البلورات (سنة 1669) مما أدى بعد ذلك إلى القانون المعروف بقانون ثبات السطوح البلورية، فبلورة الملح مثلاً تبدو على شكل مكعب وبلورة الكوراتز أو الكالسايت سداسية وبلورة القصدير رباعية وهلم جرا.

**تقسيم المعادن:**

وتنقسم المعادن في المعتاد إلى قسمين رئيسيين:

1. معادن أولية، ويقصد بها تلك المعادن التي تكونت أول ما تكونت أثناء فترة تكوين المعادن في فجر حياة الكرة الأرضية، وقد كان تكوينها (المعادن) نتيجة صعود محاليل كيمائية مركزة من باطن الأرض إلى قشرتها الخارجية، وترسبها بعد ذلك.
2. معادن ثانوية وتضم المعادن التي تعدلت، وتغيرت طبيعتها الأولى نتيجة تأثر المعادن الأولية الآنفة الذكر بعوامل التعرية، أو التحول... إلخ.

**طرق لتكوين المعادن:**

اجريت في السنوات الأخيرة ابحاث عديدة لغرض معرفة الطرق المختلفة التي تكونت بها معادن قشرة الأرض، وقد تمحضت هذه البحوض عن معرفة طرائق عديدة وفيما يلي بعضها:

1. طريقة الضغط والحرارة: فمن المعروف أن اي معدن من المعادن – قبل أن يتخذ شكله الحالي – وقد مر من الحالة الغازية إلى المنصهرة إلى الصلبة، وأن أي إنخفاض في درجة الحرارة تتعرض له مادة "الصهير" لابد أن يؤدي إلى إرساب بعض المعادن التي تدخل في تكوينها، وأول ما يرسب من هذه المعادن هو اقلها إنصهاراً، وهذا يفسر تتباع العناصر المعدنية في بعض الخامات. ويؤثر عامل الضغط أيضاً على إنصهار المعادن المخلفة، إذ تؤدي زيادة الضغط إلى زيادة الإنصهار، كما يؤدي نقصانه – الذي قد ينتج عن صعود المحاليل المنصهرة إلى سطح الأرض خلال الشقوق والمفاصل التي توجد في الصخر – إلى الإرساب.
2. التبلور مباشرة من الصهير فعندما تبرد مادة الصهير (التي هي عبارة عن كتلة مائعة شبه منصهرة تتألف من مركبات السيلكا) إزاء إنخفاض درجة الحرارة، بحيث يصاحب البرودة تشبع الصهير من عنصر معين، لابد أن، يتبلور هذا العنصر بالبرودة. ولهذا نجد أن بعض المعادن الإقتصادية مثل الماجنيتايت، والكرومايت قد تكونت نتيجة تبلورها مباشرة من الصهير بفعل البرودة.

3. التسامي، إذ تتكون بعض المعادن بفعل الحرارة الشديدة التي قد تؤدي إلى تطاير بعض الفلزات واللافلزات مباشرة، أي تحولها من الحالة الصلبة إلى الغازية، ثم ترسب هذه المعادن مرة أخرى إذا ما إنخفضت درجة الحرارة، أو تغير الضغط، وهذا ما يحدث عادة عند فوهات البراكين. ومن اهم العناصر "المتسامسة" زهر الكبريت.
4. التقطير، إذ يعتبر بعض الجيولوجيين أن تكون البترول وما يرتبط به من غازات طبيعية قد تم في الحقيقة في باطن الأرض عن طريق عملية التقطير بطئ للمواد العضوية التي ترسب خلال الرواسب البحرية التي تتألف منها الصخور الرسوبية الساحلية.
5. الإفراط في التشبع والتبخر عندما تتعرض بعض المحاليل للتبخر، لابد أن يعقب هذا زيادة درجة تشبعها وبالتالي ترسب العناصر المذابة، وقد تكونت بهذه الطريقة قشور الكبريتات (مثل كبريتات النحاس، أو الزنك، أو الماغنسيوم، أو الكالسيوم) فوق سطح الأرض في المناطق الجافة، كما هي الحال في شيلي حيث تراكمت قشور من كبريتات النحاس في تشوكيكاماتا، ورانكاجوا في شمال شيلي، كما تراكمت في نفس هذا البلد، ونحن نفس اظروف رواسب النترات الهائلة في تاراباكا في مقاطعة أنتوفاجاستا، وفي شمال أتاكاما.
6. إرساب المعادن بواسطة البكتيريا: ومن أهم المعادن التي تترسب بهذه الطريقة، الحديد الخام، إذ توجد ثلاثة أنواع من البكتيريا المرسبة الحديد أشهرها النوع المعروف بإسم، ويعتقد عدد كبير من العلماء أن هذا النوع من أنواع البكتيريا هو اذلي ساعد على ترسيب تكوينات الحديد في مناطق شاسعة من العالم.

كما أن بكتيريا التربة العادية تعمل هي الأخرى على ترسيب المنجنيز الموجود في المياه الباطنية، وهذا هو فعلاً ما يسبب إنسداد عيون الأبار الإرتوازية في كثير من من جهات العالم.

وهنالك نوع ثان من البكتيريا يعيش تحت الماء ويساعد على ترسيب الكبريتات، أما النوع الثالث، وهوالبكتيريا النباتية فيعد عاملاً رئيسياً في ترسيب

السيلكا، وهذا ما يحدث في خزان أسوان في فترة التحاريق عندما ترتفع نسبة البكتيريا وتصبح عاملاً من العوامل التي تؤدي إلى زيادة معد الإرساب.

7. أثر التعرية: وهي من العمليات الهامة التي تساعد على تكوين المعادن الرئيسية. وتنقسم عمليات التعرية إلى قسمين: تعرية ميكانيكية وتعرية كيمائية، وعلى الرغم من أهمية التعرية الميكانيكية في نقل المعادن وتركيزها في أماكن وتركيزها في أماكن معينة، إلا أنها لا تعمل على خلق معادن جديدة مختلفة في صفاتها الكيمائية.

أما التعرية الكيمائية فتعمل على:

أ. التأثير في المعادن الموجودة سواء في باطن الأرض أم على سطحها، وذلك عن طريق المياه (الباطنية أو السطحية) أو الأكسجين وثاني أكسيد الكربون. وقد تتغير خصائص بعض المعادم موضعياً، وقد تحمل المياه بعضها الآخر على شكل محاليل (أي وهي مذابة) ثم يتم ترسيبها بعد ذلك.

ب. تؤثر التعرية الكيمائية في المعادن الهامشية – أي التي تعتبر في الأحوال العادية عديمة الجدوى من الناحية الإقتصادية – مثل ال (خام ردئ للنحاس) فتحولها وتغير طبيعتها وتصبح من المعادن التجارية الهامة.

ج. تؤثر على الشوائب المعدنية مثل السيدارايت (كربونات الحديد) الذي يتحول إلى حديد بعد إذابة الكربونات.

د. تؤثر التعرية الكيمائية تأثيراً مباشراً على الصخور، فالصخور التي تحتوي على عنصر الألومنيوم – مثلاً والتي توجد في الأقاليم المدارية تتحول إلى بوكسايت وهو الخام الرئيسي للألومنيوم، كما أن صخر السربنتين في جزيرة كيوبا، يتحول هو الآخر بواسطة العمليات الكيمائية الجوية إلى طبقة هشة تعرف باللاترايت الحديدي ويستخرج منها الحديد بكميات كبيرة في منطقة مایاري، كما أن لاترايت المنجنيز قد تكون بنفس الطريقة في شمال غرب الهند.

8. اثـر عمليـات التحـول، إذ يـؤدي الضـغط أو الحـرارة أو كلاهمـا معـاً، إلى إعـادة تشكيل وبلورة بعض العناصر المعدنية، وتحويلها إلى عناصر أخرى في خصائصها تمـام الإختـلاف. ولكـثير مـن الصـخور المتحولـة أهميـة إقتصـادية كـبيرة مثـل العقيـق (الـذي يتركـب مـن سـليكات الحديـد والألومنيـوم، ويسـتخدم في أعمـال الصقل)، والجرافيت (الذي يستخدم في صنع أقلام الرصاص) والأردواز.

## ثالثاً: أنواع الصخور:

تنقسم الصخور إلى ثلاث مجموعات رئيسية هي:

1. مجموعة الصخور النارية.
2. مجموعة الصخور الرسوبية.
3. مجموعة الصخور المتحولة.

وقد بـين العلمـاء أن قشـرة الأرض تتكـون حجمـاً مـن 5٪ مـن صـخور رسـوبية، و95٪ من صخور نارية، أما بالمساحة فقد وجدوا أن الصخور الرسـوبية تغطـي حـوالي 75٪ مـن مسـاحة الأرض بينمـا الصـخور الناريـة تظهـر في 25٪ فقـط مـن سـطح الأرض.

### الصخور النارية:



الجرانيت: يتمثل مصدر هذه الصخور في تلك المادة المنصهرة التي قد تخرج من اعماق الأرض والتي تعرف بإسم "الصهير". وقد كان الإعتقاد السائد من قبل هو ان صخر الجرانيت (وهو نوع رئيسي من انواع الصخور النارية) يعتبر اقدم انواع الصخور المعروفة على سطح الأرض، وأنه قد ترسب في محيط قديم هائل كان يغلف الكرة الأرضية باكملها. وقد كان الجيولوجي الألماني "فرنر" من اشد محبذي هذا الراي إلى أن جاء الجيولوجي الإسكتلندي "هاتون" واثبت أن وجود الجرانيت على هيئة جدران وسدود مختلفة الصور تخترق غيرها من الصخور، يدحض نظرية "فرنر" وأن منشأ الجرانيت في الواقع هو المادة المنصهرة المرتفعة في درجة حرارتها، والتي تبلورت في أعماق بعيدة عن سطح الأرض ببطء شديد. وقد لاحظ "هاتون" كذلك أن الصخور التي تجاور جدران الجرانيت وسدوده قد تحولت طبيعتها مثلما يحدث تماماً للطمي عندما تحوله الحرارة الشديدة إلى طوب أحمر.



البازلت: أما صخر البازلت فله من لونه القاتم ودقة تماسك حبيباته، ملا يدع مجالاً للشك في انه تكون عن تبريد مادة منصهرة. وقد إختلفت آراء العلماء بشأنه وبصدد طريقة تكوينه، فالمعروف ان بعض أنواع البازلت التي تنتشر على سطح الأرض على هيئة طفوح، تتعرض عند تصلبها لأن تنكمش وتتشقق إلى اشكال مسدسة، تبدو على هيئة أعمدة قائمة الزوايا بالنسبة لمستوى سطح الأرض، واعمدة التي توجد في اقصى شمال مقاطعة انتريم بأيرلنده الشمالية من اوضح الأمثلة لهذه الصورة من صور الطفوح البازلتية. وقد كان هذا مدعاة لإعتقاد الجيولوجي

الألماني "فرنر" بأن تلك الأقسام المسدسة الشكل ما هي إلا بلورات ضخمة من البازلت تكونت ونمت في محلول مائي يتمثل في ذلك المحيط الهائل الذي كان يحيط بالكرة الأرضية.

وقد ثبت بعد ذلك أن صخور البازلت قد إنبثقت من باطن الأرض على هيئة طفوح من اللابه، فكان مصدرها هي الأخرى هو باطنت الرض. ولعل السبب في اللون الأسود القاتم لصخر البازلت هو وجود الحديد ومركباته التي تمثل الطبقة السوداء المصقولة الخارجية.



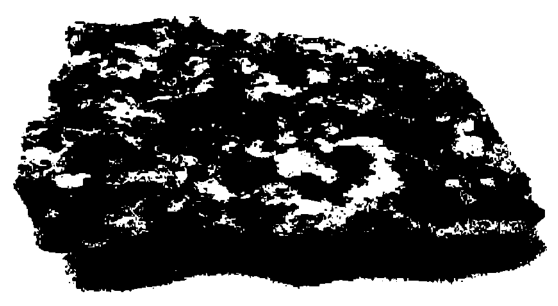
وتتميز أسطح الطفوح البازلتية في معظم المناطق التي توجد بها فجوات عديدة ترجع في أصلها إلى أنها كانت عبارة عن فقاقيع تنتشر على سطح اللابه المنبثقة، ثم تعرضت هذه الفقاقيع للإنفجار وإلى إنطلاق الغازات التي سببت وجودها. ولهذا تتكون على سطح الطفوح البازلتية فجوات عديدة مختلفة الإتساع والعمق وتعرف بإسم (مشتقة من الكلمة اليونانية ومعناها لوزة). ويطلق على البازلت الذي يتميز سطحه بتلك الفجوات إسم البازلت "الأمجدالي). وكثيراً ما تمتلئ تلك الفجوات ببلورات بعض المعادن، ومن أشهر المعادن التي تملأ فجوات البازلت. معدن العقيق الأخمر وهونوع من أنواع السيلكا، كما قد تمتلئ هذه الفجوات ببلورات من الكوراتز، أو بنوع بنفسجي اللون من الكوراتز يعرف بالأميثست، وقد يشغلها أحياناً معدن الكالسيدوني.

ونظراً لأن مادة الصهير التي – تمثل في الواقع المادة التي إشتقت منها كل الصخور النارية – نظراً لأن هذه المادة تندفع من أعماق الأرض فتكون الأجسام المنصهرة التي تبرد فتتحول إلى صخر ناري إما بعيداً عن سطح الأرض أو قرب هذا السطح أو فوق سطح الأرض أو تحت مستوى المياه، فإن هذا هو السبب في أن الصخور النارية تختلف من حيث حالتها البلورية، فصخر الجرانيت واضح البلورات، وبلوراته تتميز بكبر حجمها، وهذا دليل على أنه تبلور على أعماق بعيدة عن سطح الأرض، أي أنه برد ببطء شديد. أما البازلت فلا يتميز ببلورات واضحة كتلك التي يتكون منها الجرانيت، بل يبدو زجاجي الشكل. ويرجع هذا إلى أن البازلت قد إنبثق على سطح الأرض من فوهة بركان، أو عن طريق سد افقي أو راسي، ثم إنتشر على هيئة طفوح منصهرة تغطي مساحة كبيرة مما سبب برودتها بسرعة، وقد أدى هذا بالتالي إلى عدم تكون البلورات. ومن هنا قسم العلماء الصخور النارية إلى اقسام ثلاثة على اساس درجة التبلور.

1) صخور سطحية: وتتميز هذه الصخور بأنها تعرضت للبرودة السريعة بواسطة الهواء أو الماء، فلم تتبلور جيداً. وقد تسمى مثل هذه الصخور احياناً بالصخور البركانية. ويمثل البازلت أوضح نموذج لها.
2) صخور داخلية: وهي صخور جيدة التبلور (كالجرانيت) وذلك لأنها بردت على أعماق سحيقة من سطح الأرض ببطء شديد، ولذا تسمى احياناً بالصخور البلوطونية (نسبة إلى بلوتو إله عالم ما تحت الأرض عند الإغريق).
3) صخور وسيطة: وهي تجمع بين صخور تامة التبلور، وصخور لم تتبلور جيداً، وهذا يدل على أنها بردت على أعماق متوسطة من قشرة الأرض، ومن امثلتها السدود الراسية والخزانات الصخرية، وغيرها من صور التداخل.

تقسيم الصخور النارية على أساس نسبة السيلكا التي توجد بها: ولعل اسلم تقسيم للصخور النارية هو تصنيفها من حيث تركيبها العنصري على أساس نسبة السيلكا، فهنالك ثلاثة أنواع رئيسية:

1. الصخور الحمضية: التي تتراوح نسبة السيلكا فيها بين 65٪، و70٪، وهي صخور غالباً ما تكون ذات الوان غير قاتمة، وتتميز بقلة كثافتها، ومن امثلتها الجرانيت واتلسيانيت (نسبة إلى مدينة وهو الإسم الإغريقي لمدينة اسوان) وهو من الصخور الحمضية كلك، ولكن نسبةالسيلكا الداخلة في تركيبه اقل من تلك التي توجد في الجرانيت.
2. صخور نارية وسيطة : وتتراوح نسبة السيلكا الداخلة في تكوينها بين 55٪ – 65٪، وتتكون منها في معظم الأحوال السدود والخزانات الصخرية وشتى الصور الأخرى التي تنجم عن إندفاع كتل من "الصهير" صوب سطح الأرض، ثم برودتها على أعماق متوسطة في قشرتها.
3. الصخور الناريةالقاعدية: التي تتراوح فيها نسبة السيلكا بين 45٪ – 55٪، وترتفع في نفس الوقت نسب الحديد والماغنسيوم، ولهذا تمتاز بإرتفاع كثافتها، وبألوان قاتمة ترجع إلى إزدياد نسبة مركبات الحديد، كما أن درجة إنصهارها أعلى بكثير من درجة إنصهار الصخور الحمضية. أما فيما يتصل بمقاومتها لعوامل التعرية فنجد ان الصخور الحمضية تفوقها في ذلك، إذ إن الصخور القاعدية أقل منها مقاومة لتلك العوامل ومن أمثلة الصخور القاعدية صخر الجابرو وهو عبارة عن فصيلة كبيرة من الصخور القاعدية تضم تضم صخ رالبلزلت (الذي يتكون معدنياً من 46.2٪ من الفلسبار، 36.9٪ اوجيت، 7.6٪ اوليين، 6.5٪ مركبات حديد، ومعادن اخرى تصل نسبتها إلى 2.8٪).



ومما يستحق الذكر أن هنالك ستة معادن رئيسية تدخل في تركيب الصخور النارية وهي: الكوارتز، الفلسبار والميكا، والهورنبلند، والأوجيت، والأوليفين: تتألف الصخور الحمضية في معظم الحالات من نسب كبيرة من المعادن الثلاثة الأولى، بينما تتكون الصخور القاعدية من نسب كبيرة من المعادن الثلاثة الأولى، بينما تتكونالصخور القاعدية من نسب كبيرة من المعادن الثلاثة الأخيرة.

وهنالك مجموعة رابعة تضم بعض أنواع الصخور النارية التي يمكن أن نطلق عليها إسم مجموعة الصخور فوق القاعدية وتتراوح فيها نسبة السيلكا بين 5٪ – 35٪ ومن أمثلة صخور هذه المجموعة صخر السربنتين.

ولابد لنا أن نذكر أن هذه المجموعات الأربع لا تستقل إحداها عن الأخرى تمام الإستقلال، فالطبيعة لا ترسم حدوداً فاصلة، إذ إن كل مجموعة منها تتدرج إلى تاليتها، فصخور السيانيت مثلاً نظراً لقلة نسبة السيلكا الداخلة في تكوينه، لا يمكن أن يدخل ضمن مجموعة الصخور الجارنيتية الحمضية، كما لا يمكن إعتباره ضمن مجموعة الصخور الوسيطة كالديوريت، وذلك لأن نسبة السيلكا في الديوريت أقل منها في صخر السيانيت، ويمكننا أن نسوق أمثلة أخرى عديدة توضح جميعها أن محاولات تقسيم الصخور النارية إلى فصائل ومجموعات لا يمكن بأي حال أن تكون جامعة مانعة.

4. الصخور الرسوبية:



تكونت الصخور الرسوبية التي تغطي حوالي 75٪ من جملة مساحة الأرض إما من بقايا الصخور النارية القديمة، أو من بقايا نباتية وحيوانية، ومن أهم خصائصها أنها ترسبت في طبقات متتابعة، وهذا هو الفرق الرئيسي بينها وبين الصخو رالنارية، التي تتميز بأنها إما متبلورة او زجاجية، وبأنها لا توجد على طبقات، ولا تحتوي على حفريات، أما الصخور الرسوبية فليست بالتبلورة او الزجاجية، وتحتوي طبقاتها على أنواع عديدة من الحفريات النباتية والحيوانية.

ولابد بطبيعة الحال أن تختلف هذه الطبقات الرسوبية بختلاف الظروف الجغرافية للمناطق التي ترسبت فيها في مبدأ الأمر، ولهذا كانت لعلم الطبقات الجيولوجية أهمية كبيرة بالنسبة للجيومورفولوجين إذ تساعدهم على رسم صور واضحة للأحوال الجغرافية التي كانت سائدة في الماضي البعيد.

فإذا ما تكونت الصخور الرسوبية مثلاً من طبقات من الحصى المستدير المتلاحم فإن هذا دليل على أن مثل هذه المواد الحصوية لابد أنها ترسبت في قاع نهر او بحيرة أو في شقة بحرية ضحلة. أما إذ تكونت الصخور الرسوبية من حبيبات دقيقة ملتحمة تحوي بقايا حيوانات بحرية، فإن هذا دليل على ترسبها في مياه بحر عميق. وإذا ما تألفت الصخور الرسوبية من طبقات من الملح الصخري فلابد أنها ترسبت بعد جفاف بحيرة ملحة أو بحر داخلي صغير. ويمكن أن نذكر أمثلة أخرى عديدة تدل كلها على ما لدراسة الطبقات الرسوبية من أهمية لدراسي الجغرافيا القديمة، وهذا بالإضافة إلى أن دراسة الصخور الرسوبية تعطينا فكرة صحيحة عن توزيع البحار منذ بدء العصور البيولوجية وعن التغيرات المناخية التي تعرضت لها الأرض خلال عمرها الطويل، وعما كان يقطن فوق سطحها من حيوان ونبات.

وجدير بالذكر ان علم الجيولوجيا ذاته بدأ أول ما بدأ بالإهتمام بدراسة الصخور الرسوبية، وذلك عقب ظهور الجيولوجي "هاتون" الذي كان أول من وضع مبدأ تتابع الطبقات الرسوبية، وأول من قرر الحقيقة الهامة وهي ان الحاضر مفتاح الماضي فيما يختص بالصخور الرسوبية.

وتختلف الطبقات التي توجد عليها الصخور الرسوبية إختلافاً كبيراً، فقد تكون على شكل شرائح قد لا يزيد سمكها في بعض الحالات على المليمتر او جزمنه، او قد تتخذ شكل طبقات عظيمة السمك قد يصل سمكها إلى بضع مئات من الأمتار. كما تختلف هذه الصخور أيضاً في الوانها وصلابتها.

وقد ترسبت في بادئ الأمر كل هذه الطبقات التي يعلو بعضها بعضاً في مياه البحار، أو البحيرات، أو الأنهار، أو فوق سطح الأرض مباشرة، وهي في وضع افقي. وقد يحدث أحياناً ان تترسب بعض الطبقات في قاع أحد البحار القديمة ثم تظهر بعد ذلك على سطح الأرض، بعد أن تنحسر عنها مياه هذا البحر في صورة أفقية منتظمة. وتعرف مثل هذه الطبقات بالطبقات المنتظمة وقد تعتري هذه الطبقات المنتظمة حركة أرضية تؤدي إلى ميلها إلى ناحية أو اخرى أو إلى إلتوائها. وإذا ظلت الصخور المائلة أو الملتوية دون أن تغمر بمياه البحر، فلابد أن تتأثر بعوامل التعرية التي تعمل على تفتيت أعاليها وتقليل إرتفاعها، وتتراكم عليها في نفس الوقت بعض تكوينات من الزلط والحصى والرمال، تنمو عليها بعض الحشائش والأشجار، ثم يغمرها البحر مرة ثانية، فتترسب طبقة افقية اخرى تتألف من تكوينات أحدث وتصبح الصخور الرسوبية حينئذ صخوراً غير منتظمة الطباقية.

وتدلنا خطوط عدم الإنتظام في الطبقات الرسوبية على ما طرأ على قشرة الأرض من أحداث، فطبقة الزلط والرمل والحشائش – السابقة الذكر – تمثل خط عدم إنتظام يدل على إنحسار مياه البحر، وتحول المنطقة إلى ارض يابسة لفترة ما ثم طغيانها على هذه الأرض اليابسة مرة أخرى. وكثيراً ما تعرف الطبقات الرسوبية المتوازية التي يعلو بعضها بعضاً بالطبقات المتوافقة أما تلك التي تختلف في افقيتها ودرجة ميلها فتعرف بالطبقات غير المتوافقة.

ويطلق على الزاوية التي تنحصر بين أي طبقة رسوبية ومجموعة من الطبقات، وبين المستوى الأفقي لسطح الأرض، إسم زاوية الميل اما إتجاه الميل فهو ذلك الإتجاه الذي تميل نحوه الطبقة. ففي مصر مثلاً نجد الميل العام لطبقاتها

الرسوبية هو صوب الشمال بحيث يكاد يتمشى مع الإنحدار العام لأراض
الخط الذي يتعامد مع إتجاه الميل فيعرف بالإمتداد. ومن الضروري دا
الكلام عن الجيولوجيا السطحية لأية منطقة، من أن نتناول ميل الطبقا
خط الإمتداد، لكي يتسنى لنا أن نعرف ما إذا كانت هذه المنطقة قد
لحركات أخلت بنظام طبقاتها، أم ظلت طبقاتها الرسوبية منتظمة متوافة

وتتميز الصخور الرسوبية بما يعرف بسطوح الإنفصال وهي ء
السطوح التي تتغير عندها طبيعة التكوينات الرسوبية، أو التي إنقطع
عمليات الإرساب المختلفة. كما تتميز هذه الصخور كذلك بوجود ال
الشقوق والمفاصل. فهي لا تمثل إذن كتلاً صماء من الصخر، بل تكثر على
هذه الشقوق والشروخ والمفاصل التي تتكون في معظم الحالات نتيجة لجفاف



ولا تقتصر ظاهرة الشقوق والمفاصل في وجودها على الصخور ا
وحدها، بل تتميز بها الصخور النارية كذلك، ووجودها في هذه الصخور
لم ينجم عن جفافها كما هي الحال في الصخور الرسوبية، بل نتج عن
وإنكماشها نتيجة إنخفاض درجة الحرارة مما يؤدي إلى برودة كتل "الصم
تكونها. وتتخذ هذه الشقوق والمفاصل – سواء وجدت في الصخور الرسوبية أ

– إتجاهات عديدة، فإما ان تتمشى مع الإتجاه العام للميل، أو تمتد عمودية عليه، أي ان تكون موازية لخط الإمتداد، أو لا تتمشى في إتجاهها مع إتجاه أي منهما.

وأياً كانت الإتجاهات التي تتخذها، إلا انه يمكن القول إجمالاً بأن ظاهرة الشقوق والمفاصل تظهر متكافئة متقاربة في معظم صخور قشرة الأرض الظاهرة فوق سطحها، ولكنها تأخذ في القلة والتباعد كلما تعمقنا في باطن الأرض حتى تختفي تماماً على عمق يقرب من 12 ميلاً من سطحها، ولذا نعرف المنطقة المتشققة الظاهرة فوق سطح الأرض بإسم منطقة التشقق ويعتبر وجود الفوالق والمفاصل في كل من الصخور النارية والرسوبية عاملاً مساعداً لقوى التعرية المختلفة سواء كانت ممثلة في الرياح أو الأمطار أوالثلوج، إذ إن هذه القوى عندما تأخذ في نحت سطح الأرض تبدأ عملها في المفاصل التي يمكن أن تعد بمثابة مناطق الضعف في صخور القشرة. ولعوامل التعرية قدرة فائقة على تخير هذه المناطق، إذ سرعان ما تتخللها مياه الأمطار، وتبدأ عملية التحلل الكيماوي عن طريقها، كما أن الجليد والصقيع يؤديان إلى توسيعها وإلى تفكك الصخر تفككاً ميكانيكياً.

وتكاد تجمع الآراء الآن على ان أصل الصخور الرسوبية هو تلك الرواسب التي فتتها عوامل التعرية من الصخور القديمة الجرانيتية، ثم حملتها وأرسبتها إما في مياه المحيطات والبحار، وتعرف حينئذ بالرواسب البحرية، وإما على سطح اليابس في المنخفضات أو في مياه البحيرات والأنهار، وتعرف حينئذ بالرواسب القارية.

أنواع الرواسب البحرية: أما الرواسب البحرية فقد جرى العرف على تقسيمها – على أساس أعماق الأحواض البحرية التي تراكمت فيها، وعلى أساس بعدها من شواطئ القارات – إلى الأقسام الآتية:

1. رواسب شاطئية: وتتكون على الشواطئ بين منسوبي المد والجزر في مناطق ضحلة المياه، وهي رواسب تتألف إما من جلاميد صخرية (وهي أكبر المفتتات

التي تتألف منها الصخور الرسوبية إذ لا تقل أقطارها بأي حال عن المائة ملليمتر) او من الزلط او من رمال خشنة.



2. رواسب مياه غير عميقة: ويتفق توزيعها مع مناطق الهوامش القارية الغائصة التي تعرف بالرفارف القارية ولا يزيد عمق المياه التي تتراكم فيها عن المائة قامة (200 متر) وتتألف هذه الرواسب من رمال دقيقة الحبيبات حملتها مجاري الأنهار إلى البحار والمحيطات، وأرسبتها عند حافات الرفارف القارية التي تسمح قلة عمقها بوصول ضوء الشمس وحرارتها إليها، ولذا نجد هذه الرواسب زاخرة بالكائنات الحية سواء كانت حيوانية أم نباتية.
3. رواسب المياه العميقة التي يتراوح عمقها بين 100، 1500 قامة وتتكون من المواد الطينية التي تحمله مياه الأنهار، وقد ساعدت دقة حبيباتها على أن تظل عالقة بالمياه لمسافات طويلة، ولذا لا يتم ترسيبها إلا على مسافات بعيدة عن خطوط السواحل.
4. رواسب أعماق المحيطات، وتتراكم على أعماق تزيد على 1500 قامة وهي رواسب من نوع خاص يعرف بتكوينات الأوز حبيباتها بالغة الدقة وتتألف من باقاي الأصداف وبعض الكائنات الأميبية الدنيئة وحيدة الخلايا (مثل ال وال أو العصويات) التي تعيش عادة على سطح الماء ولكنها تترسب في أعماق المحيطات بعد موتها.

5. الرواسب القارية: أما الرواسب القارية فهي تلك التي تتراكم على أسطح القارات، إما بفعل الرياح اليت تؤدي إلى تراكم الكثبان الروملية بصورها المتعددة، أو بفعل مياه الأنهار التي تعمل على ترسيب رواسب طمية على كلا جانبيها ممثلة في سهولها الفيضية أو دالاتها، أو قد تتراكم هذه لرواسب القارية في مياه البحيرات العذبة، وفي هذه الحالة تتشابه تشابهاً كبيراً مع الرواسب الشاطئية السابق ذكرها. أما إذا ترسبت في قيعان بحيرات ملحة فتتكون رواسب من الملح الصخري، بعد أن تتبخر مياهها، كما أن الأنهار الجليدية تعمل هي الأخرى على تجيمع رواسب قارية في مناطق قارية معينة من سطح الأرض، والركامات الجليدية خير مثل لهذه الرواسب.

ولكي تتحول الرواسب التي قد نجدها حالياً على سطح الأرض، أو تحت الماء إلى صخور صلبة متماسكة، لابد لها أن تمر بإحدى عمليتين أو كلتيهما معاً: عملية تجفيف يسببها تراكم رواسب حديثة تعمل على عصر الرواسب القديمة، وطرد ما يتخلل شقوقها ومفاصلها ومسامها من مياه، وبذا تجف وتتماسك، أو عملية إلتحام للرواسب نتيجة تسرب بعض الأملاح ومحاليل بعض المعادن الأخرى من المياه الجوفية أو السطحية (كتماسك الرمل بالأسمنت).

وللصخور الرسوبية التي توجد حالياً على سطح الأرض مميزات وخصائص لا تدع مجالاً للشك في أن كل نوع منها كان عند تكونه ينتمي إلى نوع من أنواع الرواسب التي سبقت الإشارة إليها بحرية كانت أم قارية، ولهذا يكاد يتفق العلماء على تقسيم الصخور الرسوبية إلى أربعة أقسام رئيسية هي:

**أولا: الصخور الحصوية:-**

وترجع في أصلها إما إلى رواسب شاطئية ترسبت في مناطق ضحل المياه أو إلى رواسب قارية تجمعت عن عمليات الإنهيار أو التهدي الأرضي اليت كثيراً ما تحدث على منحدرات الجبال. وترعف أنواع الحصى التي تزيد أقطارها على الست

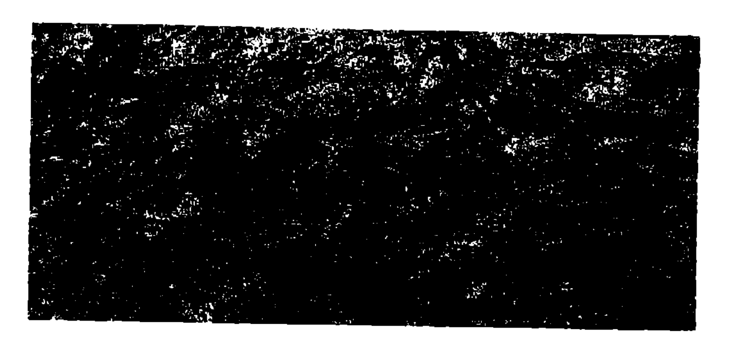
بوصات بالجلاميد، وهي في المعتاد أكثر إستدارة في مياه البحار منها في مياه الأنهار، وإذا ما تم إلتحام هذه الرواسب المستديرة بواسطة مادة كلسية أو حديدية تكون ما يعرف بالخراسان الطبيعي أو "الدماليك" ووجود هذه التكوينات دليل على أنها قد نقلت بواسطة الأنهار أو بفعل الأمواج مما أدى إلى إستدارتها ثم تماسكها بعد ذلك في مناطق بعيدة عن مصادرها.

أما الرواسب الحصوية التي تتراكم على اليابس كالتي نجدها عند حضيض المرتفعات بعد السيول (السفوح) أو نتيجة لفعل الصقيع في العروض العليا، أو لتتابع التمدد والإنكماش في المناطق الجافة فمعظمها حاد الزوايا ويتكون عند إلتحامها نوع من الصخر يعرف "بالبريشيا" ويعد وجوده دليلاً على أن تماسكه قد تم قريباً من مصدره ولذا يكاد يقتصر إنتشار صخر البريشيا على المناطق المنخفضة المتاخمة للمرتفعات.

ثانياً: الصخور الرملية:-

وترجع في أصلها إلى رواسب من الرمال تراكمت على اليابس، أو في مياه بحرية ضحلة، وتعمل المياه التي تترسب خلالها على إلتحامها. وأهم المواد اللاحمة الكالسايت والسيلكا وبعض أنواع من أكاسيد الحديد، فالصخر الرملي لونه إلى الإحمرار قد إلتحمت ذراته بواسطة محاليل من الليمونايت (أكسيد الحديد المائي) أو الهيماتيت. أما الصخر الرملي الأبيض اللون فتختلف مادته اللاحمة، فإذا ما كان شديد الصلابة فإن هذه يدل على أن الكوارتز يمثل المادة اللاحمة، أما إذا كان من السهل تفيته فإن هذا يعني أن معدن الكالسايت كان مادته اللاحمة. ولهذا كثيراً ما تقسم لصخور الرملية إلى: صخور سليكية، وصخور جيرية، وصخور حديدية، وعلى أساس المادة التي عملت على إلتحام ذرات رمالها. ولابد بطبيعة الحال ان تختلف هذه الأنواع الثلاثة إختلافاً كبيراً في صلابتها ومقاومتها لعوامل التعرية ولعل الصخور الرملية الجيرية – التي كانت مادتها اللاحمة إما الكالسايت أو الدولومايت – اقله واضعفها مقاومة لهذه العوامل.

**ثالثاً: الصخور الطينية:-**



ويرجع أصل هذه الصخور إلى الرواسب الدقيقة الناعمة التي تلقي بها الأنهار في مياه عميقة، أو التي تتراكم في بحيرات عذبة، وقد تم تماسكها بعد ذلك بعد أن تعرضت لعملية تجفيف أدت إلى فقدانها لكل ما تحمله من مياه، وتعزى عملية التجفيف ذاتها إلى الضغط الذي يقع على تلك الرواسب من طبقات أخرى تعلوها.

ومن أمثلة هذه الصخور الحجر الطيني الذي يتميز بشدة تماسكه وصلابته. وإذا كان الطين الذي يدخل في تكوين هذه الصخور نقياً خالياً من الشوائب، فيسمى حينئذ بالصلصال العازل للحرارة، أما إذا كانت تدخل في تكوينه بعض مركبات الجير فيعرف حينئذ بالطين الجيري. وهنالك صخور طينية تختلف عن النوعين السابقين في أنها لا تظهر على هيئة كتلة صلبة متماسكة من الصخور بل تظهر على شكل شرائح تشبه الطبقات وتتميز بشدة إلتحامها ببعضها البعض، ويعرف هذا النوع من الصخور الطينية بشرائح الطين ويرجع السبب في وجودها على صورة شرائح، إلى أن عملية الإرساب التي أدت إلى تكوينها لم تكن عملية مستمرة أدت إلى تكوين طبقة واحدة، بل كانت متقطعة تتخللها فترات كانت تتوقف فيها عملية الإرساب. ومن أمثلة هذه الرواسب الطينية شرائح طين إسنا المشهورة التي توجد في مناطق متفرقة على جانبي وادي النيل في محافظتي قنا

واسوان، ويستخدمها الأهالي أحياناً كمسمد للتربة ويطلقون عليها إسم "المروج" هذا على الرغم من ان هذه الرواسب ضارة بالتربة، وذلك لإحتوائها على نترات مختلطة ببعض املاح الصوديوم،وإستخدامها في تسميد الأراضي التي تفتقر إلى مركبات نتروجينية لابد ان يؤدي إلى رفع نسبة الملوحة في التربة.

**رابعاً: الصخور الجيري:-**

ويوجد من هذه الصخور نوعان: نوع تم ترسيبه بطرق كيمائية كأن ترسب مثلاً نتيجة لتبخر المياه من محلول ترتفع به نسبة كربونات الكالسيوم، وقد تكونت بهذه الطريقة صخور الكالسايت – الذي هو عبارة عن كربونات الكالسيوم المتبلورة واليت قد توجد كذلك على صورة ليفية حبيبية أو مندمجة – وصخر الرتافرتين خير مثال لهذا النوع من الصخور الجيرية.

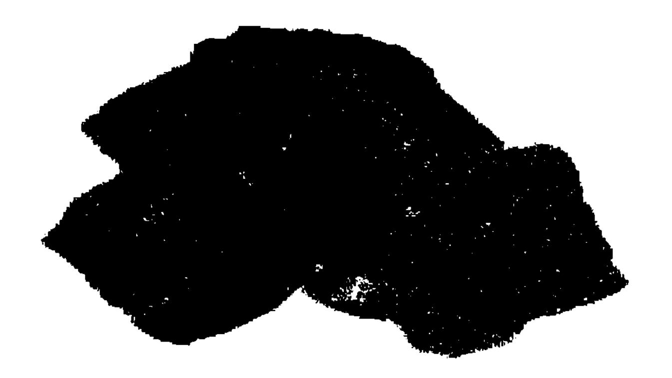
أما النوع الأخر فيمكن ان نطلق عليه إسم الصخور الجيرية العضوية. وينتشر هذا النوع من الصخور الجيرية إنتشاراً هائلاً على سطح الأرض، وترجع صخوره في أصلها إلى بقايا الحيوانات البرية لدرجة أنه يمكن بواسطة العين المجردة أن نميز بعض حفريات هذه الحيوانات في الصخور الجيرية، إذ قد تظهر على شكل حلوزني، أو إسطواني، ومن أمثلة الحفريات الأسطوانية الشكل: النصليات، والأمونيات وانواع عديدة من القواقع والأصداف. فالصخور الجيرية إذن عبارة عن مقابر هائلة دفنت بها جميع صور الحياة الحيوانية اليت كانت تزخر بها مياه البحار الجيولوجية القديمة.

وهناك نوع من أنواع الصخر الجيري يعرف بالصخر الجيري البويضي (مشتقة من الكلمةاليونانية القديمة ومعناها بويضة) وتوجد الصخور الجيرية التي تنتمي إلى هذا النوع على هيئة بويضات ملتحمة، كل بويضة منها لها نواة مركزية عبارة عن محارة في معظم الأحيان، وتغطي هذه النواة طبقات متتالية من الجير (كربونات الكالسيوم) وتمتد على طول ساحل مصر الشمالي في المنطقة

الواقعة إلى الغرب من مدينة الإسكندرية سلاسل من التلال الجيرية البويضية تفصل بينها بعض الأودية.

ومما يجدر ذكره ان البقايا الحيوانية التي تتألف الصخور الجيرية من حفرياتها قد تكونت وتراكمت في بحار عميقة هادئة، لا تعكرها الرواسب الطينية، اي في مناطق لابد أن تكون بعيدة كل البعد عن خطوط السواحل ومصبات الأنهار ودالاتها.

**الصخور المتحولة:**



من المعروف أن قشرة الأرض تتعرض لعوامل غامضة من الضغط، أو الحرارة أو كليهما معاً. وكثيراً ما تعمل هذه العوامل على تغيير المعالم الأصلية للصخور نارية كانت أم رسوبية، وقد سميت الصخور التي تتعرض للتغير من جراء الضغط والحرارة بالصخور المتحولة.

وقد يحدث التغيير في طبيعة الصخور نتيجة تعرضها للتشقق والتفلق، فقد تتعرض الصخور الجيرية مثلاً لهذه الظاهرة مما يؤدي إلى تحولها إلى أنواع متعددة الأشكال والألوان هي التي تعرف من الناحية التجارية بالرخام. ويرجع سبب تعدد أنواعها إلى تسرب محاليل سليكية مختلفة في خصائصها تملأ شروخ هذه

الصخور ومفاصلها، ولكننا هنا يجب أن نعرف أن كلمة رخام نادراً ما يطلقها الجيولوجيون على الصخور الجيرية التي تتحول بالطريقة السابقة، إذ إن الرخام في نظرهم هو الصخر الجيري الذي أعيد تبلوره بفعل الضغط والحرارة. أما الضغط فمصدره في الغالب تلك الطبقات البالغة السمك التي قد تعلو الطبقة الجيرية، وأما مصدر الحرارة فهو تلك الإندفاعات النارية التي تؤدي إلى تحويل مادة كربونات الكالسيوم — التي تمثل المادة الرئيسية التي تدخل في تكوين الصخور الجيرية — إلى بلورات ملتحمة من الكالسايت تتشابه تشابهاً كبيراً في احجامها. وكثيراً ما تؤدي عملية التحول هذه إلى إزالة كلأثر للحفريات التي يتألف منها الصخر الجيري.

وقد جرى العرف على تقسيم التحول إلى ثلاثة أنواع رئيسية:

أ) تحول ديناميكي: فقد يحدث أحياناً أن تتوسط طبقة من صخر لين كالصخر الطيني أو الصلصال طبقتين من صخر أكثر صلابة كالحجر الجيري مثلاً. وتعرف في هذه الحالة طبقة الصخر اللين بالطبقة غير المتكافئة بينما ترعف طبقات الصخر الجيري الصلدة بالطبقات المتكافئة. وإذا ما تعرضت المنطقة التي توجد بها هذه الصخور لحركة ضاغطة شديدة في قشرة الأرض تسببها ضغوط جانبية، فالذي يحدث هو تعرض الصخور المتكافئة الصلبة للإلتواء، أما طبقة الطين اللينة فتنثني إزاء هذه الضغوط ثنيات صغيرة لا تتجاوز بضعة سنتيمترات ممدودة في بعض الأحيان، وتسير عمودية على الإتجاه الذي حدث منه الضغط، وفي خلال هذه العملية يتحول الصخر الطيني إلى ما يعرف بالإردواز.

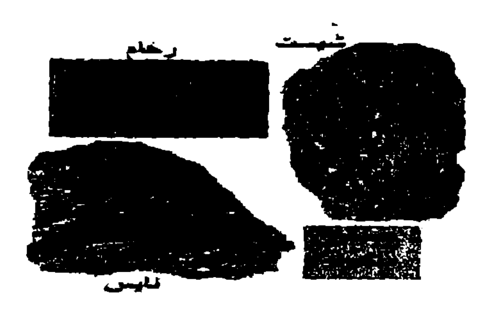
ب) تحول حراري: ويحدث هذا النوع من التحول عندما تندفع صخور نارية تحرق ما حولها من صخور تماماً كما يحرق الطين ليصير فخاراً. ويؤدي حرق الصخور المجاورة للإندفاعات النارية إلى تغير في طبيعتها كما يؤدي إلى إعادة تبلورها، وهذا ما يحدث عند تحول الكوارتز إلى صخر الكوارتزيت.

ج) تحول إحتكاكي: ويحدث هو الأخر للصخور الواقعة حول منطقة تداخلت فيها تكوينات نارية إذ تتحول طبيعتها نتيجة إرتفاع درجة الحرارة، فتحترق، كما تتغير خصائصها وتتعدل ايضاً نتيجة تسرب بعض المواد المنصهرة والمياه المرتفعة في درجة حرارتها، والتي عادة ما تصاحب الإندفاعات النارية، وتعرف المنطقة الواقعة حول صخور متداخلة – بحيث ادى تداخلها إلى أن تتحول طبيعة صخورها – بالهالة المتحولة وتتحول صخور الهالة في معظم الحالات نتيجة الحرارة والإحتكاك إلى صخور نارية صلبة تدخل ضمن مجموعة كبيرة من الصخور هي التي تعرف بمجموعة الصخور الرنانة.

وقد يحدث التحول بالسوائل الثلاث السابقة على نطاق واسع وتتأثر به منطقة كبيرة من قشرة الأرض، وتعرف التحول الذي يحدث في هذه الحالة بالتحول الإقليمي وتوجد أمثلة عديدة لمناطق واسعة تكثر بها الصخور المتحولة، ومن أمثلتها هضبة الحبشة، وشمال شبه جزيرة الداكن، ومقاطعة كولومبيا بأمريكا الشمالية، وبعض المناطق الجنوبية من هضبة البرازيل وجبال البحر الأحمر في الجمهورية العربية المتحدة.

**وتنقسم الصخور المتحولة عامة إلى نوعين رئيسيين:**

1. صخور النايس: وهي صخور متحولة عن الجرانيت وتتركب من نفس المعادن التي يتكون منها، وقد نجم عن تحولها ظهور معادن الجرانيت على شكل صفائح رقيقة، وقد تبدو هذه الصفائح متموجة، وهي ملتحمة مع بعضها البعض إلتحاماً شديداً في معظم الحالات ولذا ينتمي صخر النايس بصفة عامة إلى فصيلة الصخور الرنانة الصلبة. والمهم هو أن التركيب المعدني للنايس مماثل لتركيب صخر الجرانيت مما يدل على أصله الجرانيتي. وعلى أننا كثيراً ما نجد أنواعاً كثيرة من النايس بعضها مشتق من أصل ناري، وبعضها الأخر ذو أصل رسوبي.




صخور الشست: وتظهر هي الأخرى على شكل صفائح ملتحمة ببعضها البـ
والفرق الرئيسي بينها وبين صخور النايس هو أن الأخيرة لا تتميز بتشابهـ
قد تظهر بينها حبيبات بعض المعادن، أما صخور الشست فصفائحها متشا
كما أ، وجود بعض المعادن (كالميكا والكلورايت والتلك وبعض أنواع
الهورنبلند) التي تظهر أصلاً على شكل صفائح رقيقة (قابلة للسحب) يـ
عاملاً رئيسياً في تكون صخور الشست. ومن أمثلة صخور الشست: شست ا
وشست الأوجيت، وتظهر فيه ظاهرة الطابقية "الصفائحية" ولكنا تقتصر
معدن الأوجيت، وذلك عندما يتعرض صخر البازلت للتحول.



ولهذا نجد ان انواع صخور الشست تختلف إختلافاً كبيراً بإختلاف التركيب المعدني الأصلي للصخر قبل تحوله، كما لابد أن تختلف كذلك بإختلاف درجة الحرارة، ودرجة الضغط، التي تسبب التحول. وقد اثبت العلماء أن هناك انواعاً من المعادن لا يمكن ان توجد إلا في الصخور المتحركة دون الصخور النارية او الرسوبية، وكل معدن من هذه المعادن له القدرة على التحول تحت ظروف معينة من الضغط والحرارة.

**اهمية دراسة الصخور:**

يحسن بنا قبل الإنتهاء من دراسة صخور قشرة الأرض أن نعرض الأقاليم الصخرية الرئيسية التي ينقسم إليها سطح الكرة الأرضية، وخصوصاً أن دارس الجغرافية الموفولوجية يهمه أن يوضح إلى أي مدى يتغاير ويتباين التركيب الصخري في جهات العالم المختلفة، وبهذا يصل إلى نتيجة وخاتمة لا يتناولها الجيولوجي، وبهذا يختلف علم الجيومورفولوجيا – الذي يجب أن ينحو إتجاهاً إقليمياً – عن علم الجيولوجيا. ومما لاشك فيه أن الصخور التي يتألف منها إقليم ترتبط إرتباطاً وثيقاً بشتى مظاهر هذا الإقليم الطبيعية والبشرية.

**الصخور وعلاقتها بتكون التربة:**

فهنالك مثلاً علاقة وثيقة للغاية بين التركيب الصخري ونوع التربة في كثير من جهات العالم، وخصوصاً في المناطق التي تكونت فيها تربات محلية موضعية، ليست منقولة، وذلك لأن التربة في مثل هذه المناطق إنما إشتقت مكوناتها نتيجة تفكك وتآكل وتحلل المواد المعدنية التي تألف منها صخور قشرة الأرض الأصلية.

**الصخور والتضاريس:**

كما أن هنالك إرتباطاً وثيقاً بينه وبين الصخور وإتجاه ميلها إن كانت رسوبية، وصور تداخلها إن كانت نارية، وبين المظاهر التضاريسية الرئيسية اليت تتميز بها قشرة الأرض. فكثيراً ما تحدد الصخور الرسوبية المظهر التضاريسي العام في المناطق التي توجد بها.

فإذا ظهرت هذه الصخور في منطقة من المناطق على صورة طبقات في وضع افقي تقريباً فلابد ان يتخذ سطح الأرض في تلك المنطقة المظهر الهضبي، أما إذا كانت هذه الطبقات الرسوبية الأفقية متفاوتة في درجة صلابتها، فيبدو المنظر التضاريسي العام للأقليم على شكل هضيبقات تفصلها مجار ماشية هي التي إستطاعت أن تحفر أوديتها خلال الطبقات الأكثر ليونة، ويعرف المظهر الجيومورفولوجية الذي يتكون نتيجة لهذه الظروف بالتركيب الهضبي، ولعل هضبة المزيتا في شبه جزيرة ايبيريا من أوضح الأمثلة لهذا النوع ن الهضاب.

اما إذا تميزت طبقات الصخور الرسوبية بميل واضح كما هو مشاهد فعلاً في كثير من جهات العالم، فتتكون حافات لها خصائص مميزة تعرف بالكويستات (كلمة اسبانية أصلاً) ومن خصائص الكويستا أنها عبارة عن حافة تنشأ نتيجة لعمليات التعرية المختلفة، وينحدر أحد جانبيها إنحداراً تدريجياً يكاد يتمشى مع الإنحدار العام للأرض ومع ميل الطبقات الرسوبية ذاتها، بينما ينحدر جانبها الأخر إنحداراً فجائياً، وتظهر الطبقات الصلبة على شكل حوائط من الصخر الصلد ومن امثلة الكويستات تلك التي توجد في منطقة حوض باريس الذي يتميز بوجود مجموعة من الحافات التي تبدو على هيئة اقواس تحد الحوض من الناحيتين الشرقية والجنوبية الشرقية، وتواجه جوانبها المقعرة الشمال الغربي بينما تواجه جوانبها المحدبة المانيا في الشرق والجنوب الشرقي. وتوجد ست من هذه الحافات في حوض باريس وقد قطعتها روافد نهر السين وجعلتها تبدو على هيئة تلال متقطعة تنتشر في أرجاء الحوض الخصيب. وقد لعبت الكويستات دوراً كبيراً في تطور سهل

بارس ونمو العمران فيه، فهي التي حددت الإستغلال الزراعي وطرق المواصلات، فضلاً عن قيمتها الكبيرة كخطوط طبيعية للدفاع في هذا الموضع. ويطلق على المناطق التي توجد فيها الكويستات على هذا النحو من التتابع والتوالي اسم أراضي الحافات، وتفصل هذه الحافات عن بعضها البعض في معظم الحالات أودية نهرية تخترق التكوينات الرسوبية اللينة. على اننا نلاحظ بصورة عامة أن هذه الحافات (الكويستات) أجف بكثير من سهول الأودية التي تفصلها عن بعضها البعض. ويرجع هذا إلى إنحدار مياه الأمطار على جانبيها صوب الأراضي الواطئة التي تخترقها الأودية.

أما إذا كانت الطبقات الرسوبية في إقليم ما شديدة الميل، أو عمودية في بعض الحالات على مستوى سطح الأرض، أو تميزت هذه الطبقات بإلتوائها فتتكون ظاهرة الحافات الفقرية (تسمى احياناً بال ومعناها ظهور الخنازير) التي تمثل في هذه الحالة المظهر الجيومورفولوجي الرئيسي في "اللاندشافت الطبيعي"، وتتميز مثل هذه الحافات الفقرية بشدة إنحدار جانبيها، وهذا هو وجه الإختلاف الرئيسي بينها وبين الكويستات التي يشتد إنحدارها في جانب واحد من جانبيها.

وفي الأقاليم التي تلتوي فيها الطبقات الرسوبية إلتواءات محدبة أو مقعرة، كثيراً ما نجد مناطق الإلتواءات المقعرة هي بعينها مناطق الأحواض النهرية. ومن الأمثلة الواضحة حوض النيل الذي يعتبره عدد غير قليل من الجيولوجيين بمثابة ثنية إلتوائية مقعرة كبيرة في قشرة الأرض تحدها من معظم جهاتها حواجز جبلية مرتفعة، كما يحدها البحر المتوسط من الشمال. ويعتقد هذ النفر من العلماء الذي يؤمن بهذه الظاهرة، أن الثنية المقعرة الهائلة التي يشغلها نهر النيل إنما نتجت عن هبوط قشرة الأرض تح ضغط التكوينات الصخرية الرسوبية الجيرية والرملية اليت ملأت هذا الحوض خلال فترة جيولوجية طويلة شملت العضر الكريتاسي، وعصري الإيوسين، والأوليجوسين، مكا أن حوض نهر التيمز يحتل هو الآخر ثنية إلتوائية مقعرة إخترقها نهر التيمز وروافده العديدة.

ويتميز سطح الأرض في الأقاليم التي تتألف تكويناتها الصخرية من صخور جيرية بأن المياه هي العامل الرئيسي للنحت، إذ إن مياه الأمطار في مثل هذه المناطق تتسرب إلى باطن الأرض خلال الشقوق والمفاصل، وذلك بفعل عمليات الإذابة الكيمائية، ولذا تكاد تختفي من مناطق الصخور الجيرية معظم المجاري المائية السطحية، وتتحول إلى مجاري باطنية، وتعرف هذه الظاهرة الجيومولوجية بظاهرة الكارست، وذلك نسبة إلى إقليم كاريت في شبه جزيرة إيستريا في شمال يوغوسلافيا، وتكاد تتألف معظم التكوينات الصخرية لشبه الدزيرة من صخور جيرية، وتمتد هذه التكوينات الصخرية شرقاً لتضم مناطق واسعة في شمال يوغوسلافيا.

ويختلف "اللاندشافت الطبيعي" في مناطق الصخرو النارية إختلافاً كبيراً عنه في مناطق الصخرو الرسوبية، وظهور الصخور النارية على سطح الأرض في منطقة ما دليل على أن هذه المنطقة قد تعرضت لتداخل صخور نارية في تكويناتها الرسوبية. وتتميز مثل هذه الصخور المتداخلة بأنها تتفكك بطريقة خاصة هي التي تعرف بالتقشر وخصوصاً في الأقاليم الجافة، إذ تتفكك كتل الجرانيت بوسائل ميكانيكة – كتتابع الحرارة والبرودة – على شكل قشور تتساقط الواحدة تلو الأخرى، أو بفعل الصقيع في الأقاليم الباردة، إذ إن للصقيع قدرة هائلة على تفكيك الصخر وذلك بتجمد المياه التي تملأ المفاصل والشروخ التي تتميز بها الصخور النارية، مما يؤدي إلى تمددها وتفكيكها للصخر. وتعتبر عملية تفكيك الصخر بمثابة الأولى لبدء عمليات التعرية الأخرى كالنحت والحمل والنقل ثم الإرساب كما سيأتي ذكره فيما بعد.

وقد تظهر في بعض الحالات الصخرو النارية المتداخلة وسط تكوينات رسوبية – على سطح الأرض على هيئة تلال قبابية سرعان ما تعمل عوامل التعرية على نحت التكوينات الرسوبية التي تعلوها، وتظل الصخور النارية المتداخلة ناتئة فوق سطح الأرض، لأنها إستطاعت بصلابتها أن تقاوم عوامل التعرية. وقد أطلق

الجغرافي الألماني "تزيجفريد بسارجه" على مثل هذه الكتل الصخرية إسم الجزر الجبلية.

ويتميز "اللاندشافت الطبيعي" في مناطق التكوينات النارية – بالإضافة إلى هذا – بظاهرة البراكين التي تختلف وتتباين في أشكالها باختلاف طبيعة المادة التي تنبثق من فوهاتها وكثيراً ما تنبثق الطفوح البركانية وتغطي مساحات واسعة من سطح الأرض، كما هي الحال، في هضبة حوران بسورية، ومنطقة أبي زعبل في جمهورية مصر العربية، وفي شمال هضبة الدكن بالهند، وفي هضبة الحبشة وفي مناطق أخرى عديدة.

**الصخور كمورد طبيعي:**

وللصخور في حد ذاتها (وليس لما تحتويه من معادن) أهمية كبيرة كمصادر رئيسية لمواد البناء، ولغيرها من الأغراض، فصخر الجرانيت بصلابته وقوة إحتماله وقابليته للصقل كثيراً ما يستخدم في بناء التماثيل، وفي تجميل المباني والصخور الجرانيتية واسعة الإنتشار في المناطق الجبلية بصورة عامة كجبال الأبلاش والروكي في الولايات المتحدة، وجبال البحر الأحمر في مصر، ومرتفعات إسكتلندة، وجبال النرويج، ومرتفعات شمال السويد، ويضاف إلى هذا أن الصخور الجرانيتية تدخل في التركيب الصخري لمعظم النظم الجبلية الهائلة في وسط أوروبا وفي جنوبها (الألب، والبرنس... إلخ)، وفي قارة آسيا (الهيملايا والقوقاز).

ولعل أهم الأغراض التي يستخدم فيها الجرانيت حالياً، هي إستعماله وهو في صورة أساسات المباني الشاهقة الضخمة. وقد عظمت في السنوات الأخيرة كمية الجرانيت المستخدم في هذا الغرض وفاقت كثيراً الكمية التي تستخدم في الأغراض الأخرى.

وتوجد أهم محاجر الجرانيت العالمية في شرق الويلايات المتحدة في الإقليم الممتد من نيو إنجلند حتى ولاية كارولينا الشمالية، وخصوصاً في ولاية فرمونت

التي يوجد بها محجر باري أكبر محاجر الجرانيت العالمية. أما في مصر فتوجد أهم محاجر الجرانيت في جنوب شرق مدينة أسوان، وهي نفس المنطقة التي كانت تزود المصريين القدماء بحاجتهم منه.

وللصخور الرسوبية أيضاً أهميتها من الناحية الإقتصادية، فالصلصال العازل للحرارة يعد بمثابة المادة الخام الرئيسية في الصناعات الفخارية والخزفية التي قامت وإزدهرت في ألمانيا، وفرنسا، وإنجلترا، وتشيكوسلوفاكيا. وتأتي ألمانيا في مقدمة الدول المنتجة للخزف رغم المنافسة الشديدة بينها وبين فرنسا – وهي التي إستمرت أكثر من قرنين من الزمان – أما إنجلترا، فقد قامت فيها هذه الصناعة في القسم الغربي من إقليمها الأوسط في المنطقة الواقعة تقريباً في منتصف المسافة بين برمنجهام ومانشستر. ويرجع قيام الصناعة الخزفية في هذه المنطقة بالذات إلى: توافر الفحم، والعمال المدربين ووسائل النقل، هذا على الرغم من أن الصلصال المستخدم في هذه الصناعة ينقل مسافة تزيد على المائة ميل من محاجره الرئيسية في كورنوول وديفن في جنوب غرب إنجلترا، إلى منطقة الصناعات الخزفية.

وأهم أسواق منتجات الخزف البريطانية هي كندا، وإستراليا، والولايات المتحدة، وبعض دول أمريكا الجنوبية.

وتستخدم الصخور الجيرية أيضاً في أغراض عديدة، فهي ضرورية للصناعات الصلبية، ولصناعة تكرير السكر، ولأغراض زراعية عديدة (كمعادلة التربة الحمضية، وصناعة الأسمدة الكيمائية). والصخور الجيرية واسعة الإنتشار وتكاد توجد محاجرها في معظم دول العالم، ودليل على هذا من أن تحجير الصخرو الجيرية في الولايات المتحدة يمثل 75٪ تقريباً من جملة منتجات المحاجر، كما أن الصخور الجيرية في جمهورية مصر العربية تغطي حوالي نصف المساحة الإجمالية للبلاد وتنتشر محاجرها على طول الوادي فيما بين خطي عرض إسنا والقاهرة.

أما الصخور المتحولة، فأكثر انواعها إستخداماً هما الإردواز والرخام. أما الإردواز فتوجد أعظم محاجره في شمال ويلز، وكذلك في إقليم البحيرات في إنجلترا. وأهم غرض يستخدم فيه بناء سقوف المنازل، ومازالت إنجلترا حتى يومنا هذا أكبر الدول المصدرة له، وتأتي بعدها الولايات المتحدة. أما الرخام – فذكرنا صخر متحول عن الحجر الجيري – فيستخدم هو الآخر في بناء التماثيل، والنصب التذكارية، والمباني الخالدة وفي غيرها من الأغراض، وتأتي الولايات المتحدة في مقدمة الدول المنتجة له حيث توجد أغلب محاجره في الولايات الأربع: فرمونت وتنسي، وجورجيا، وميزوري، وهي تنتج مجتمعة زهاء 85٪ من جملة إنتاج الولايات المتحدة من الرخام. وللرخام الإيطالي المستخرج من شهرة عالمية في صناعة التماثيل. في الوقت الحالي – أن إستخدام الرخام في صناعة التماثيل وما إليها قد هبط بصورة واضحة، وذلك لتأثر هذا الصخر بعوامل التجوية، ولتعرضه للبري والتلف، وقد حل الجرانيت محله في هذه الصناعة.

ومن الصناعات الهامة التي ترتبط بالصخور، والتي تطورت تطوراً كبيراً في سنوات ما بعد الحرب الأخيرة، صناعة الأسمنت. ويصنع الأسمنت عن طريق تسخين خليط من الصلصال والحجر الجيري المصحون، ويضاف إليهما الرمل. ويعرف الأسمنت المصنوع بهذه الطريقة "بأسمنت بورلاند"، وقد إنتشرت هذه الصناعة بعد الحرب العالمية الثانية في كل دول أوروبا التي قاست ويلات الحرب، وذلك لشدة الحاجة إلى الأسمنت لإعادة بناء ما دمرته وخربته، ولهذا تأتي المانيا وإنجلترا، والإتحاد السوفيتي، وفرنسا على رأس الدول المنتجة. ويمكن القول بأن أوروبا والولايات المتحدة تنتجان معاً نحو 80٪ ممن جملة الإنتاج العالمي من الأسمنت.

ويكفي أن نذكر هنا للدلالة على عظم الزيادة التي قفزها إنتاج الأسمنت بعد الحرب الأخيرة، أن إنتاج الإقليم المصري من الأسمنت لم يزد في سنة 1939 عن 368 الف طن. ولكنه قفز إلى نحو 1.800.000 طن في سنة 1962، وذلك جراء حركة تنفيذ المشروعات العمرانية والإنتاجية الإجتماعية منذ سنة 1952.

الصخور المعادن: يرتبط توزيع الخامات المعدنية المنتشرة على سطح الأرض إرتباطاً وثيقاً بتوزيع الأنواع الصخرية، فالصخور النارية تحوي معظم خامات المعادن الفلزية، ومثل هذه المعادن لا توجد فقط في الصخور النارية ولكنه تكونت اصلاً نتيجة وجود هذه الصخور، ولهذا فهي كثيراً ما توجد مركزة في صخور المناطق المحيطة بالكتل النارية، وهي التي تعرف "بالهالات المتحولة"، أو قد تكون مترسبة في صورة عروق تمتد من الكتل النارية ذاتها، وتغزو الصخور الرسوبية التي توجد حولها وقد ترتبط بالصخور النارية معادن فلزية، تنجم عن تحللها وتآكلها بفعل عوامل التعرية المختلفة كما هي الحال في خامات الكاولين، والصلصال العازل للحرارة.

ويرجع السبب الرئيسي في إرتباط أهم المعادن الفلزية بالصخور النارية، إلى أن هذه المعادن قد تكونت اول ما تكونت من مادة "الصهير" وهي في بداية مرحلة تبلورها، إذ كثيراً ما يصاحب إندفاع كتل الصهير وتداخلها في صخور سطح الرض، تصاعد غازات وأبخرة تحتوي على كثير من العناصر التي تدخل في تركيب بعض المعادن. وقد تقابل هذه الأبخرة بعض المياه الهابطة من قشرة الأرض بالقرب من سطحها، فتبرد وتتحول إلى ما يشبه "الزبد" الذي يجد طريقه تحت الضغط الشديد إلى الشقوق والمفاصل – التي تتخلل الصخور المجاوة للكتل النارية حيث يتصلب على شكل عروق معدنية، منها ما يحتوي على القصدير، او التنجستين؛ أو النحاس، أو الرصاص، أو الفضة، أو الزنك.

وقد تتكون المعادن من الكتل النارية – في أحيان أخرى– نتيجة التبلور المباشر من كتل الصهير، فعند برودة مادة الصهير المندفعة من أعماق الأرض نحو سطحها، تنفصل عنها بعض خامات المعادن الثقيلة مثل: الماجينتات، والإلمينايت، والكرومايت وغيرها، بحيث تترتب حسب درجة إنصهارها ولهذا – إذن – ليس بالغريب أن نجد الغالبية العظمى من المعادن متركزة في الصخور النارية أو بالقرب منها، أو في الصخور التي توجد حولها.

وقد تعرضت الصخور النارية في أغلب مناطق توزيعها لعمليات طويلة من الإلتواء تظهر على نطاق واسع، ولهذا يرتبط توزيعها السكاني على سطح الأرض بنطاقات الجبال الإلتوائية. وقد خضع كل نطاق من هذه الإلتواءات – بعد ذلك – لعمليات نحت وتفتيت وتقطيع، ولهذا نجد أن السلاسل الجبلية العظمى في العالم اليوم مثل: جبال الأنديز، والأورال، والقوقاز، وجبال الملايو... إلخ. تزود العالم بالكثير من إحتياجاته من المعادن الفلزية الرئيسية كالذهب، والفضة، والبلاتين، والنحاس، والرصاص، والزنك، والقصدير، والتنجستين وغيرها.

وإننا كثيراً ما نجد أنواعاً معينة من المعادن الرئيسية ترتبط بأنواع وفصائل معينة من الصخور النارية، فمعدن الكاسترايت – مثلاً – وهو خام القصدير الرئيسي، لا يوجد بكميات إقتصادية إلا مرتبطاً بصخور من عائلة الجرانيت، ونجد أيضاً أن معدناً مثل الكرومايت يكاد يرتبط هو الآخر بصخور البازلت أو الوليفين. ومن هنا تبرز لنا أهمية تحديد نوع الصخور في تشخيص ومعرفة المعادن التي تحتويها وعلى هذا يمكن القول – بصورة عامة – بأن معظم المعادن الفلزية، يكاد يقتصر توزيعها المركز على مناطق الكتل القارية القديمة وعلى النطاقات الجبلية الإلتوائية أما الصخور الرسوبية، فلها أيضاً أهميتها من ناحية ما تحتويه من معادن معظمها من اللافلزات مثل: الأسبستوس أو الصخر الحريري، والجبس والفوسفات، والبوتاس، علاوة على إحتوائها على خامات بعض المعادن الفلزية في صورة رواسب ضخمة مثل رواسب الهيماتيت.

ولا جدال في أن الفحم والبترول هما أهم مصادر الثروة التي ترتبط أيضاً بالصخور الرسوبية. فالفحم يوجد في أغلب الأحيان على شكل طبقات توجد خلال صخور العصر الكربوني، وهو العصر الذي تكون فيه الفحم في معظم جهات العالم. ويتألف الفحم كما هو معروف من بقايا نباتية تكونت تحت ظروف مناخ إستوائي بكل خصائصه وسماته. أما البترول فيوجد على هيئة سائل غليظ القوام، ولهاذ يرتبط توزيعه بالصخر الرسوبية المسامية، رملية كانت أم جيرية، وهي التي يمكنها أن تمتص هذا السائل وتتشبع به. وقد سبق أن ذكرنا – أن البترول قد تكون في

الحقيقة إزاء عملية تقطير بطئ للمواد العضوية (التي تتألف من بعض الكائنات العضوية الأولية) التي ترسبت في أول أمرها مع بعض الرواسب البحرية في المناطق الساحلية.

ويرتبط وجود حقول البترول بأنواع معينة من صور البناء الجيولوجي، بحيث تسمح بتراكمه في خزانات أو "مصايد" في باطن الأرض تتخلل الصخور المسامية الرسوبية. ولعل أكثر المناطق الجيولوجية إحتمالاً لزيت البترول، هي الجهات الهامشية من المناطق الجبلية الإلتوائية الرئيسية.

ومن أهم العوامل التي ساعدت على الاستغلال الاقتصادي للمعادن التي تتوزع فوق سطح الأرض أو خلال صخورها، أن جميع هذه المعادن لا تتوزع في صخور القشرة الأرضية بنسب متساوية، ولكن بعضه يتركز في مواضع معينة في صورة خامات معينة يمكن استغلالها اقتصاديا والاستفادة منها كموارد اقتصادية ذات شأن. وحتى بعض العناصر المعدنية الواسعة الإنتشار مثل الحديد والألمونيوم – اللذين تبلغ نسبتهما في صخور القشرة 5.05٪، 8.0٪ على التوالي – تتركز رواسبهما في مناطق معينة من سطح الأرض، فالحديد الخام مثلاً تتركز رواسبه في: إقليم اللورين في فرنسا، وفي لوكسمبورج، وفي شمال السويد، كما يتمثل ركازه في رواسب الحديد الضخمة في هضبة لبرادور.

لهذا نلاحظ أنه ما دولة مهما بلغت رقعة مساحتها، يمكنها أن تكتفي ذاتياً في إنتاج ما تحتاج إليه من معادن، فالمعادن المستغلة إقتصادية توجد في أقل من 1٪ من مساحة اليابس، ولا عجب إذن، إذا ما وجدنا القوى الإقتصادية الثلاث: الولايات المتحدة، والإتحاد السوفيتي، والكومنولث البريطاني، يعتمد كل منها على مصادر خارجية في الحصول في كثير من إحتياجاتها من المعادن.

**الأقاليم الصخرية في العالم:**



تختلف صخور القشرة وتتباين من مكان إلى آخر فوق سطح كوكبنا، فقد نجد التركيب الصخري لإقليم من الأقاليم متناهياً في التعقيد كما قد نجد مناطق واسعة يسود فيه نوع معين الصخور، ولهذا إذا ما حاولنا أن نقسم العالم إلى أقاليم صخرية فلابد أن تجنح بنا مثل هذه التقسيمات نحو التعميم، إذ كثيراً ما نجد فروقات متعددة في داخل الإقليم الواحد، وإغفال مثل هذه الفروقات أمر يبعدنا عن الدقة العلمية. ولكن مثل هذا الإعتراض ينطبق إلى حد كبير على التقسيمات الإقليمية العالمية ولا مفر من اللجوء إليه، لأنه يعطينا في النهاية فكرة عامة عن انماط توزيع الأنواع الصخرية في العالم على النحو الآتي:

**أولاً: إقليم الصخور البلورية القديمة-**



ويضم هذا الإقليم مناطق واسعة من العالم تتمثل في كل الكتل الصلبة القديمة التي كانت بمثل النويات التي نمت حولها كتل القارات، ومن أمثلتها كتلة لورنشيا الواقعة حول خليج هدسون في أمريكا الشمالية، وكتلة فنوسكانديا الواقعة حول بحر البلطيق، وكتلتي جيانا والبرازيل في أمريكا الجنوبية، وكتلة أفريقيا التي تضم مناطق واسعة من هذه القارة، وكتلة إستراليا التي توجد في الجزء الجنوبي الغربي من قارة إستراليا.

ثانياً: إقليم الصخور الرسوبية المتماسكة:-



وتضم معظم المناطق التي تتكون من صخور رسوبية لم تتعرض لحركات التصدع والإلتواء، كما هي الحال في سهول سيبيريا، وسهول أمريكا الشمالية، ومناطق الأحواض في أفريقيا ... إلخ، وكلا مناطق تعرضت خلال تاريخها الجيولوجي الطويل لطغيان مياه البحار الجيولوجية، مما أدى إلى تراكم طبقات من الصخور الرسوبية وتغطيتها لمساحات واسعة من سطح الأرض.

ثالثاً: إقليم الإرسابات الحديثة "السائبة":-

ويضم المناطق التي تنتشر على سطح الأرض فيها تكوينات من الرمال السافية كالتي تملأ بعض المناطق الحوضية في الأقاليم الجافة بصفة خاصة، والتي يطلق عليها إسم صحاري العرق، وهي عبارة عن مناطق حوضية تنتشر بها كثبان من الرمال. كما يضم هذا الإقليم المناطق التي تغطي سطح الأرض فيها تربة

اللويس المعروفة، كما هي الحال في حوض الصين العظيم، وجنوب غرب آسيا، وبراري الولايات المتحدة، وشرق أوروبا، وسهول المجر. ويمكننا ان نضم أيضاً إلى هذا الإقليم معظم اودية الأنهار وسهولها الفيضية على أساس أنها تتكون من رواسب حديثة غير متماسكة معظمها من النوع الفيضي.

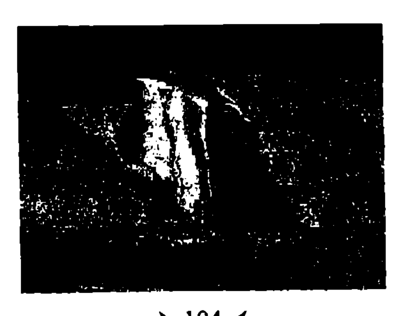
رابعاً: إقليم الصخور "الطفحية":-

ويضم مناطق الطفوح البازلتية والصخور الزجاجية الشكل كما هي الحال في هضبة الحبشة – حيث تتألف هذه الطفوح من طبقتين طبقة سفلى قديمة تعرف بطيقة اشانجي وطبقة عليا حديثة تعرف بطبقة مجدالا ويبلغ سمكهما معاً أكثر من ثلاثة كيلومترات – وكما هي الحال أيضاً في طفوح الدكن في شمال غرب هضبة الدكن، وطفوح هضبة كولومبيا والمكسيك بأمريكا الشمالية.

خامساً: إقليم الصخور المختلطة:

ويتميز هذا الإقليم بتعقيد تكوينه الصخري، وبوجود الصخور البلورية القديمة جنباً إلى جنب مع الصخرو الرسوبية، وتتميز أنواع الصخور الأخيرة في هذا الإقليم بأنها تعرضت للإلتواء والتصدع، ولتداخل كتل من الصخور النارية فيها، مما أدى إلى تعقد تركيبها. ويضم هذا الإقليم معظم النطاقات الجبلية الإلتوائية التي ما هي إلا تكوينات رسوبية تعرضت لحركات أوروجينية أدت إلى إلتوالها على هيئة سلاسل جبلية.

سادساً: إقليم الغطاءات الجليدية:-

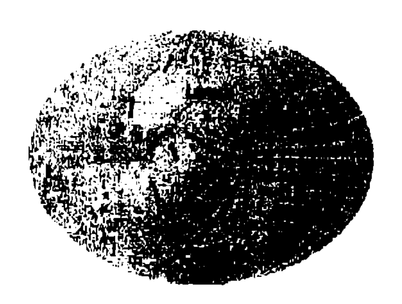


ويضم المنطق التي تغطي سطح الأرض فيها غطاءات جليدية سميكة ادت إلى إخفاء كل معالم التكوين الصخري كما هي الحال في جزيرة جرينلند وقارة انتراكتيكا.

**فرضية زحزحة القارات:**

ما بين عامي 1915 وعام 1929 اقترح العالم الفريد فاجنر ALFRED WEGENER فكره إن القارات الموجودة الآن هي أجزاء من قارة أو قارتين اكبر افترض فاجنر إن كل قارات اليوم كانت يوماً قارة كبيرة تسمى بانجيا pangea هذه القارة قسمت مرة واحدة إلى قارتين احدهما في الشمال تسمى لوراسيا laurasia واخرى جنوبيه تسمى جوندوانا Gondwanaland يفصل بينهم من الشرق إلى الغرب بحر يسمى Tethys sea في اثناء العصر الجوراسيك jurassic بدات البانجيا في الانقسام بينما انفصلت قارات أفريقيا واستراليا والقارة الجنوبية وشبه القارة الهندية التي تكون gondwanaland مبتعدة كل واحده عن الأخرى بينما انفصلت قارة أمريكا الجنوبية عن قارة أفريقيا في اثناء العصر الطباشيري cretaceous آخر القارات المنفصلة كانت أمريكا الشمالية وجرينلاند من شمال اوروبا، شكل (1و2).





شكل (1و2) حركة القارات

الدلائل المفسرة لهذه الفرضية:

التشابه المميز في شكل تعاريج الساحل والحفريات والتكاوين الصخرية ومناخ القديم paleoclimate لكل من الساحل الغربي لافريقيا والساحل الشرقي لامريكا الجنوبية حيث انه إذا تم لصق الشاطئين مع بعض ستلاحظ انهما قارة واحدة.

نقاط ضعف هذه الفرضية:

- اكبر نقطه ضعف لهذه الفرضية هي الميكانيكية التي وضعها فاجنر ليفسر انفصال القارات حيث انه قد افترض ان هذه القارات قد انفصلت عن بعضها من القطبين ناحيه خط الاستواء بسبب قوى الجذب المركزيه ودوران الارض حول نفسها.
- قوى الجذر والمد ربما تسبب حركه قارتى امريكا الشماليه والجنوبيه الانتقادات التي وجهت لهذه الفرضيه اثبتت ان القوى العكسيه غير قادره على حركه القارات

نظرية تكتونية الألواح:

تنص هذه النظرية على عدد من الحقائق أهمها ما يلي:

**أولا: أن القشرة الأرضية للأرض نوعان؛**

قشرة قارية يتراوح سمكها ما بين 35 – 40 كم وتتكون معظمها من صخور حامضية حوالي 2.7 جم / سم 3

قشرة محيطية يتراوح سمكها ما بين 7 – 10 كم وتتكون معظمها من صخور قاعدية كثافتها حوالي 3 جم / سم3

**ثانيا:** تتصل القشرة الأرضية بنطاق صخري صلب يصل سمكه إلى حوالي 70 كم في حالة القشرة المحيطية 150 كم في حالة القشرة القارية ويعرف باسم الغلاف الصخري.

**ثالثا:** يوجد الغلاف الصخري للأرض على هيئة قطع منفصلة تعرف بالألواح، ولوح القشرة القارية يعرف باللوح القاري ولوح القشرة المحيطية يعرف باللوح المحيطي، وتتراوح مساحة هذه الألواح ما بين المليون كم إلى مربع مئات الملايين من الكيلومترات فهناك الواح صغيرة ومتوسطة وكبيرة.

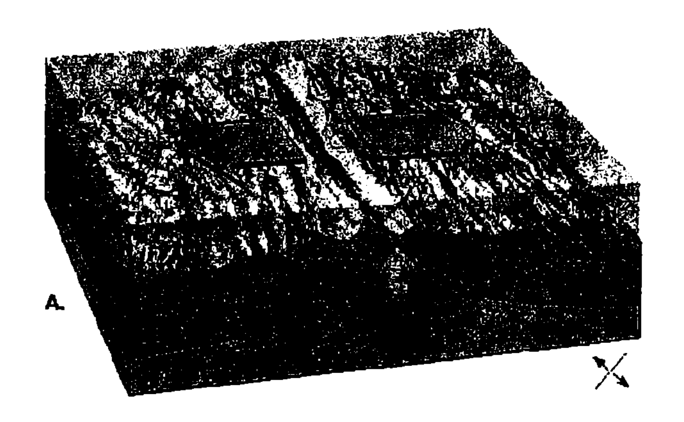
**رابعا:** تتحرك هذه الألواح على نطاق لدن يعرف باسم الاسثينوسفير يتراوح سمكه مابين 200– 300 كم ويمثل الجزء العلوي من الوشاح العلوي.

**خامسا:** إن متوسط كثافة الأرض حوالي 5.5 جم / سم3 تبدا بحوالي 2.7 جم / سم3 في القشرة المحيطية و3 جم / سم3 في القشرة القارية وتنتهي بحوالي 12– 13 جم / سم3 في لب الأرض والذي يتكون اساسا من عنصري الحديد والنيكل.

**سادسا:** إن أحواض المحيطات تتوسطها سلاسل جبلية مختلفة الارتفاعات تعرف باسم الأعراف الوسط محيطية والتي تتكون من صخور قاعدية هي نتاج خروج صهير نطاق الأسثينوسفير في هذه الأماكن.

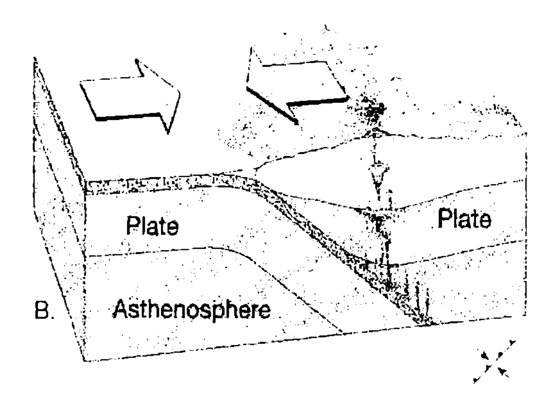
سابعا: إن الألواح القارية والمحيطة تتميز بحركة دائمة خلال تاريخ الأرض الجيولوجي ولقد حددت النظرية هذه الحركة بثلاث أنواع هي:

حركة تباعدية (حدود بناءه) اي ان هذه الألواح تتباعد عن بعضها البعض وتعرف باسم الحركة البناءه حيث من نتائجها بناء قشرة محيطية جديدة وتحدث عادة في قيعان المحيطات (شكل 3).




شكل (3) الحدود المتباعدة

حركة تقابلية أو تصادمية (حدود هدامة) اي ان الألواح تتقابل او تتصادم مع بعضها البعض وتعرف باسم الحركة الهدامة حيث تختفي أجزاء من الألواح المتقابلة وتغوص في العمق إلى نطاق الاستينوسفير حيث تلقى نصيبها من الانصهار شكل (4).




شكل (4) حدود متقاربة

حركة تحويلية أو احتكاكية (حدود محافظة) اي أن الألواح تغير أماكنها بالنسبة لبعضها البعض عن طريق احتكاك حوافها وهي ليست بناءه أو هدامة بل محافظة، تقارب قشرة قارية مع قشرة قارية ينشأ عن هذا التقارب ارتطام قشرتين قاريتين لهما نفس الكثافة. وقبل حدوث هذا الارتطام أو التصادم تغوص القشرة المحيطية التي تفصل بينهما والتي تكونت أثناء فترة سابقة تحت أحد القشرتين ومع تمام عملية الغوص أو الاندساس Subduction وبعد استهلاك القشرة المحيطية ترتطم هاتان القشرتان. وينتج عن هذا الارتطام تكون سلسلة جبلية يصاحبها عمليات طي وتصدع. بعدها تبدأ عمليات التعرية نشاطها لتشكل الملامح السطحية للحزام الجبلي وتتميز هذه الجبال بأنها شاهقة وتعد من أشهر وأهم السلاسل الجبلية في الكرة الأرضية. ومن اهمها ما يلي:

- اصطدام لوحة الهند القارية مع النوع إذ انه حدث منذ حوالي 45 مليون سنة.
- حدوث اصطدام – قبل حوالي 360– 286 مليون عام – بين القارة الأوروبية والقارة الأسيوية لتكونان قارة أوراسيا الحالية والذي نجم عنه تكوين سلسلة جبال الأورال بين حدود اللوحتين الأوروبية والأسيوية آنذاك

- تصادم اللوحة الإفريقية واللوحة الأوروبية وانغلاق بحر التيثيز(Tethys)، الذي كان يفصل قارتي لوراسيا وجندوانا لاند . وتكوين سلسلة أمريكا الشمالية لتكوين جبال الابالاش قبل حوالي 360– 286 مليون سنة، وعلى الرغم من أن هاتين القارتين النطاق الوهن الساخن فإن مكوناته وما يحمله من رسوبيات مشبعة بالماء تبدأ في الانصهار وبالرغم من ان هذه العملية محيطيين يغوص طرف أحدهما تحت الأخر متسببا في نشاط بركاني يشبه ذلك الذي يحدث عند ارتطام لوح محيطي بأخر قاري. غير أن مثل هذه البراكين تحدث في قيعان المحيطات بدلا من حدوثها على اليابسة. وإذا ما استمرت هذه النشاطات البركانية فإن كتلا من اليابسة قد تبرز من أعماق المحيطات.



وفي البداية تكون مثل هذه الظاهرة على هيئة سلسلة من الجزر البركانية تسمى بقوس الجزر مثل جزر اليابان واندونسيا والفلبين وعادة ما تقع اقواس الجزر على بعد بضع مئات من الكيلومترات من خندق محيطي. حيث لا تزال عملية غوص الغلاف الصخري مستمرة. وعلى مدى زمني طويل من النشاط البركاني تتراكم عن هذه النشاطات المختلفة قوس جزر ناضج مكون من صخور بركانية مطوية ومتحولة وصخور نارية نابطة. ومثال ذلك شبه جزيرة الاسكا والفلبين والزيابان. نزلاقية او انتقالية)

## أسباب حركة الصفائح التكتونية:

يرى العلماء أن تيارات الحمل الدورانية هي مصدر القوى التي تعتمد عليه نظرية الصفائح التكتونية التي في تفسيرها لحركة القارات ونموها وتكوين الجبال

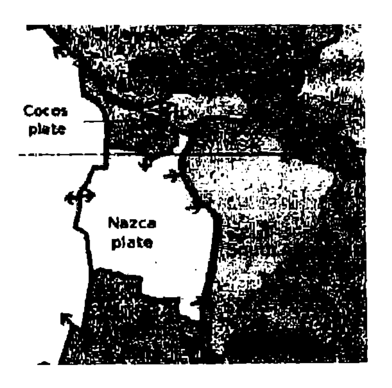
وأحواض الترسيب، حيث تنشأ تيارات حمل في منطقة الأثينوسفير المرنة نتيجة حدوث تغير في درجة الحرارة في باطن الأرض، مما يؤدي إلى وجود تيارات حمل دورانية على شكل خلايا دائرية ون الجزر البركانية التي تقع في وسط الألواح المحيطية التي تعتبر مناطق خالية نسبيا من النشاط التكتوني، وذلك لأنها تقع فوق بقع ساخنة في المناطق العليا من الأرض، وتعمل الحرارة الصاعدة من هذه النقطة وبذلك تندفع المادة المنصهرة إلى السطح مكونة جزرا بركانية مثل جزر هاواي التي تقع في وسط المحيط الهادي.

فسرت هذه النظرية ما سبقها من نظريات وخصوصا ما يتعلق بالدورة الصخرية وتوازن القشرة الأرضية.

حركة الصفائح التكتونية وتقسم نظرية تكتونية الصفائح الغلاف الصخري للأرض، إلى عدد من الصفائح المتباينة مساحاتها تبايناً كبيراً؛ فمنها الكبيرة، ومنها الصغيرة. وهناك، على الأقل، ست صفائح تكتونية كبيرة، نسبياً، هي: صفيحة المحيط الهادي Pacific Plate، والصفيحة الأوراسية Eurasia Plate، والصفيحة الأفريقية Africa Plate، وصفيحة امريكا الشمالية North America Plate، وصفيحة امريكا الجنوبية South America Plate، والصفيحة الأسترالية – الهندية Australia–India Plate، والصفيحة العربية ArabiaPlate، والصفيحة الإيرانية Iran Plate. ويتكون حزام ثنية الألب، المتد من مضيق جبل طارق حتى الشرق الأوسط، من عدد من الصفائح الصغيرة جداً.

ومن الصفائح ما يمتد تحت المحيط فقط، مثل: صفيحة نازكا Nazca Plate، في المحيط الهادي، قبالة السواحل الغربية لأمريكا الجنوبية؛ وصفيحة كوكوس Cocos Plate، إلى الشمال منها، قبالة السواحل الغربية لأمريكا الوسطى. ومن الصفائح ما هو قاري فقط، مثل: الصفيحة الإيرانية. ومنها ما هو محيطي وقاري، أي يمتد تحت قارة وجزء من المحيطات، مثل: الصفيحة العربية، والصفيحة الأفريقية، وصفيحة أمريكا الشمالية.و يراوح سمك الصفائح، تحت

المحيطات، بين 70 و80 كيلومتراً؛ وبين 100 كيلومتر و150 كيلومتراً، في القارات.




ولأن الصفائح تغطي كل السطح الخارجي للأرض، فلا يوجد فيه فراغ ليس مشغولاً بإحداها؛ ولأن حجم الأرض ومساحة سطحها ثابتان؛ فإن تحرك أي صفيحة من هذه الصفائح، سيؤثر في الصفائح المجاورة لها. وتبعاً لاتجاه حركة الصفيحة، بالنسبة إلى الصفائح المجاورة، فقد ميز العلماء ثلاثة أنواع، من العلاقات الحركية فيما بينها. إذ رأوا أن الحد الفاصل بين أي صفيحتَين، سيشهد واحدة من ثلاث حالات، تبعاً لحركة كل منهما، نسبة إلى الأخرى: إما أن تتحرك كل منهما في اتجاه فتتباعدان، فتكون الحدود متباعدة أو أن تصطدما، فتسمى حدودهما، في هذه الحالة، حدوداً متقاربة ؛ أو أن تحتك إحداهما بالأخرى، حين تنزلقان، أفقياً، في اتجاهين متعاكسين، فتكون الحدود بينهما أفقية أو محافظة. لذا، يمكن القول، إن أنواع الحدود الحركية Tectonic Boundaries، ثلاثة هي: الحدود الصفائحية المتباعدة، والحدود الصفائحية المتقاربة، والحدود الصفائحية المحافظة.

1. الحدود الصفائحية المتباعدة:

تتحرك الصفيحتان التكتونيتان المتجاورتان، في هذه الحالة، مبتعدتين إحداهما عن الأخرى؛ فتتباعد حدودهما، وتسمى الحدود المتباعدة Diverging

Plate Boundaries. ويملأ الفراغ، الناتج من تباعدهما، صهير صخري بازلتي Basaltic، يندفع من الوشاح، من الأسفل؛ لسد الفراغ، فيتجمد، مكوناً قشرة محيطية جديدة. ويصحب هذه العملية نشاط بركاني، على طول حدود التباعد؛ وانبثاق Lava قاعدية، تشبه في تركيبها تركيب الوشاح، تكوّن القشرة المحيطية. ويؤدي تباعد الصفيحتين، وتكون صخور جديدة بينهما، اتساع ارضية المحيط Sea Floor Spreading باستمرار. وهذه الفكرة، هي احد أسس نظرية الصفائح التكتونية؛ إذ كلما تكونت قشرة محيطية جديدة، تحركت في الاتجاهين، متيحة انبثاق صهير جديد وتجمُّده.



الفارق الكبير في درجة الحرارة، بين سطح القشرة المحيطية، التي تغطيها مياه الأعماق المحيطية، التي لا تتجاوز درجة حرارتها اربع درجات مئوية؛ وبين درجة حرارة صهير الوشاح، تحتها، التي تتجاوز °600 مئوية. ينجم عنه ارتفاع درجة حرارة صخور القشرة، في مناطق انبثاق الصهير، لتكوين قشرة محيطية جديدة. ويؤدي ارتفاع الحرارة الشديد تمدد صخور حدود الصفائح، وتخفيض كثافتها. وازاء الضغط عليها من الأسفل، والناتج عن اندفاع حمم الصهير إلى الأعلى، ترتفع حدود الصفائح المتباعدة، آلاف الأمتار، عن قاع المحيط حولها. ويسفر ارتفاع حدود الصفائح المتباعدة، عن تكوين سلاسل جبلية مغمورة، على طول هذه الحدود؛ تعرف بالظهور المحيطية، او أُحياد اواسط المحيطات Mid–Oceanic Ridges. حيث تمتد الظهور المحيطية، متصلة على شكل شبكة من السلاسل الجبلية الضخمة؛ تحيط بالأرض، مثلما تحيط الشبكة بكرة السلة. ويقدر إجمالي طولها بنحو 65

الف كيلومتر. وهي تعلو فوق قاع المحيط، بمتوسط ارتفاع، يصل إلى 4500 متر. وعلى الرغم من ان هذا الارتفاع، يكاد يفوق أعلى المرتفعات على اليابس، إلا أنها نادراً ما تعلو فوق سطح الماء. وقد يصل عرضها، في بعض الأماكن، إلى ثمانية كيلومترات. وهذه السلاسل من المرتفعات المغمورة، وإن كانت تبدو متصلة، في مناطق تباعد الصفائح؛ إلا أنها تمتد، على شكل قطاعات صغيرة، تربط بينها صدوع تحويلية، وأخاديد. وهي ليست، بالضرورة، متعامدة على خط الانفصال بين الصفيحتَين المتباعدتين ومما يميز هذه السلاسل المغمورة، أنه يمتد، في قمتها، أخدود عميق، على طول امتدادها. وقد استدل به العلماء، ويعدد من الشواهد الأخرى، التي ستذكر لاحقاً، على أن هذه النطاق، هو مركز تباعد الصفائح Spreading Centers. وسرعة تباعد الصفائح مختلفة؛ إلا أن معدلها السنوي يراوح بين سنتيمتر واحد، كما في شمال المحيط الأطلسي، وفي البحر الأحمر؛ 4.4 سنتيمتر في السنة في شرق المحيط الهادي. وهذه السرعة، وإن كانت تبدو ضئيلة، بمقاييس العمر البشري؛ إلا أنها كبيرة، باستمراريتها خلال العصور الجيولوجية.

يعد الحيد الممتد في وسط المحيط الأطلسي Mid– Atlantic Ridge، أشهر جزء في هذه السلسلة المغمورة؛ إذ كان أول ما اكتشف منها في قاع المحيط، أثناء تمديد كبول التلغراف، بين أوروبا وأمريكا الشمالية بعد الحرب العالمية الأولى. ونظراً إلى كثافة النقل بين ساحلي المحيط الأطلسي، وخاصة الجزء الشمالي منه؛ ونتيجة للتقدم، العلمي والتقني، للدول المطلة على جانبيَه؛ فقد حظي حيد وسط المحيط الأطلسي بدراسات مستفيضة، كشفت كثيراً من تفاصيل هذه السلسلة، من الظهور المرتفعة، الممتدة في قيعان المحيطات، والتي يشكل حيد قاع المحيط الأطلسي جزءاً منه وكذالك يمتد حيد وسط المحيط الأطلسي، من البحر المتجمد شمالاً، حتى جنوب المحيط الأطلسي، بعد تجاوزه الحد الجنوبي لقارة افريقيا، حيث ينقسم إلى قسمَين، احدهما، يتجه شرقاً، مكوناً حيد الأطلسي – الهندي؛ والآخر، يتجه غرباً، ليتصل بحيد شرقي المحيط الهندي، بسلسلة من الأخاديد والصدوع.

يبلغ المتوسط السنوي لسرعة تباعد الصفائح، على جانبي حيد منتصف المحيط الأطلسي، سنتيمترين ونصف سنتيمتر، او نحو 25 كيلومتراً، كل مليون سنة. وقد نتج عن هذه الحركة، التي تبدو بطيئة، تكون حوض المحيط الأطلسي، خلال 200 مليون سنة.

جزيرة إيسلندا Iceland الواقعة في شمالي المحيط الأطلسي، والتي تُعد جزءاً من حيده الأوسط هي من المواقع القليلة، التي تعلو فيها أحياد أواسط المحيطات فوق سطح الماء، وتمثل مختبراً طبيعياً لعلماء الأرض، لدراسة افتراق الصفائح، وما يصاحبه من ظواهر؛ فهي تشهد بناء أراضٍ جديدة، في وسطها؛ وتتمدد كلما ابتعدت أوراسيا عن أمريكا الشمالية. ويشهد سطحها عدداً من البراكين الناشطة، وخاصة في أجزائها الشمالية، قرب بركان كرافلا Krafla، حيث تزداد الصدوع الأرضية اتساعاً، وتظهر صدوع جديدة، كل بضعة أشهر. وقد ناهز إجمالي التزحزح الأرضي، في الجزيرة، بين عامي 1975 و1985، 7 أمتار. ومن مناطق حدود الصفائح التكتونية المتباعدة، وحديثة التكوين جيولوجياً، صدع البحر الأحمر الأخدودي، الذي يفصل المملكة العربية السعودية وشبه الجزيرة العربية عن أفريقيا؛ والممتد في الأخدود الأفريقي جنوباً، وخليج العقبة شمالاً. فالصفيحتان، الأفريقية والعربية، تلتقيان عند ما يسميه الجيولوجيون التقاطع الثلاثي Triple Junction؛ وذلك في مكان التقاء أخدود البحر الأحمر وأخدود خليج عدن، والأخدود الأفريقي. وقد نجم عن انفصال هاتين الصفيحتين، نشوء انتفاخ قبابي في سطح الأرض؛ ربما كان ناتجاً من ضغوط باطنية. هو يمتد على مسافة، تقرب من 100 كيلومتر عرضاً، و250 كيلومتراً طولاً؛ ويتجاوز ارتفاعه ألف متر. ويتمثل في هضبة الحبشة، ومرتفعات جنوب غرب شبه الجزيرة العربية. ونتيجة للشد، الذي تعرضت له قشرة الأرض، فقد قسمت هذه القبة، من قمتها، إلى ثلاثة أجزاء. ثلاثة صدوع أخدودية عميقة، امتدت في خليج عدن، والبحر الأحمر، والأخدود الأفريقي.

وينظر الجيولوجيون، وعلماء الأرض بعامة، إلى أخدود البحر، على أنه يشبه، إلى حد كبير، نشأة المحيط الأطلسي، المتأتية من انفصال الأمريكتين عن

أفريقيا وأوروبا. إذاً، الصفيحتان، العربية والأفريقية، تتحركان مبتعدتين إحداهما عن الأخرى؛ والحدود الفاصلة بينهما في البحر الأحمر، حدود متباعدة. ويشهد قاع هذا البحر تكون قشرة أرضية جديدة، في عملية اتساعه المستمر. وتضغط الصفيحة العربية، بتحركها نحو الشمال الشرقي، على الصفيحتين، الإيرانية والتركية؛ ما يسبب التواء السلاسل الجبلية، على حدود التقاء هذه الصفائح. وتشهد هذه الحدود الصفائحية مناطق بناء جبلي ناشطة؛ وتتعرض أراضيها، من حين إلى آخر، لزلازل مدمرة، سواء في إيران أو تركيا. وإن ازدياد قشرة الأرض، بين حدود الصفائح التكتونية المتباعدة، لا بد أن يقابله أحد الإحتمالين التاليين: أن يزداد حجم الأرض، فتزداد مساحة القشرة بمعدل ازدياد الحدود المتباعدة نفسه. أو أن لا يتغير حجم الأرض، فلا تزداد مساحة القشرة؛ وفي هذه الحالة، لا بد أن يقابل تكون قشرة جديدة عمليات تقص، بطريقة ما، في مكان آخر من القشرة الأرضية؛ وهذا ما يبدو أنه يحدث فعلاً، في مناطق الحدود المتقاربة.

2. الحدود الصفائحية المتقاربة:



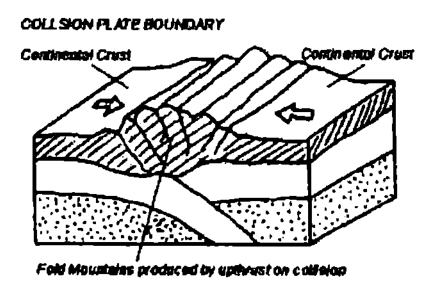
يطلق هذا التعبير، "الحدود المتقاربة" Converging Boundaries، على طول مناطق اصطدام الصفائح التكتونية، حينما يكون اتجاه حركة كل واحدة منها نحو الأخرى. عندما تصطدم صفيحتان، فإن القوانين الفيزيائية، تقول إن الصفيحة الأعلى كثافة منهما، ستغوص تحت الأقل كثافة؛ وهذه العملية، يطلق عليها الاندساس Subduction. ويصاحب الاندساس ظواهر كثيرة،

جيومورفولوجية وطبوغرافية وجيولوجية، تدل عليه. والتي إذا كانت الصفيحتّان متساويتي الكثافة، فإن تصادمهما، سيسفر عن تجعد الصخور والتوائها وارتفاعها. وفي كل الأحوال، فإن مناطق التقارب الصفائحي، هي مناطق هدم وتدمير، في القشرة الأرضية؛ لذا، تسمى الحدود المتقاربة حدود هدم Destructive Margins؛ خلافاً للحدود المتباعدة، التي تُعد حدود بناء، في القشرة الأرضية. وما يحدد أيّاً من عمليتي الاندساس والتصادم ستحدث، عند تقارب حدود الصفائح. هو، في الغالب، نوع الصفائح المتقاربة؛ فالتقارب إما أن يكون بين صفيحتّين محيطيتّين، أو قاريتّين، أو بين واحدة قارية وأخرى محيطية.

أ. الاندساس:

وفي عملية الاندساس، أو الانضواء، كما تسمى، أحياناً، يندس طرف إحدى الصفيحتّين المتقاربتين، تحت طرف الصفيحة الأخرى. ويغوص الطرف المندس في الوشاح العلوي، المسمى غلاف الإنسياب، او الأستنوسفير Asthnosphere؛ ويأخذ في التكسر والتصدع. وكلما تعمق في الوشاح، وتعرض لمزيد من الضغط والحرارة، اخذت صخوره تنصهر وتذوب، حتى يكتمل انصهارها، عند عمق 700 كيلومتر تقريباً. وهناك أنواع عديدة من نطاقات الاندساس، حسب الألواح المتقاربة، وأهمها:

1) اندساس لوح محيطي تحت آخر قاري:



يحدث الاندساس، في هذه الحالة، نتيجة لاختلاف الكثافة بين الصفيحتَين المتقاربتَين؛ فيغوص طرف الصفيحة الأعلى كثافة، في الجزء العلوي من الوشاح، تحت طرف الصفيحة المقابلة. لذا، يمكن القول إن الاندساس، يحدث، غالباً، عند تقارب صفيحة محيطية وأخرى قارية. ولكن كثيراً من الصفائح، تشمل قشرة محيطية وأخرى قارية، في الوقت نفسه؛ مثل صفيحة أمريكا الجنوبية التي تشمل قارة أمريكا الجنوبية كلها، وجزءاً كبيراً من جنوبي المحيط الأطلسي. وتسمّى الصفيحة قارية، إذا كان معظم سطحها، تغطيه قشرة قارية، أو كانت القشرة القارية أقرب إلى حدود تلاقي الصفيحتين.

يُعد تقارب صفيحة نازكا وصفيحة أمريكا الجنوبية، تقارباً بين صفيحة محيطية وأخرى قارية فثانيتهما، تكتسب صخوراً جديدة، في حدها الشرقي، في حيد وسط المحيط الأطلسي، عند حدود تباعدها عن الصفيحة الأفريقية. وحدودها الغربية، تقارب حدود صفيحة نازكا المحيطية، التي تشغل الجزء الجنوبي الشرقي من قاع المحيط الهادي؛ وتكتسب، كذلك، صخوراً جديدة، في مركز الافتراق والبناء الصخري، في القشرة الأرضية، على حدها الغربي، المتباعد عن صفيحة المحيط الهادي، في حيد نازكا. ولكن حدها الشرقي، يندس تحت صفيحة أمريكا الجنوبية

2) اندساس لوح محيطي تحت آخر من نوعه:

ينتج هذا النوع من الاندساس أخاديد، تمتد على طول حدود تقارب الصفيحتَين، ومن أمثلتها أخدود تونجا، في جنوب غربي المحيط الهادي. ومن ظواهره المميزة، تكون أقواس جزرية، مثل تلك التي كونت جزر الفيليبين، واليابان، وأندونيسيا، ونيوزيلندا. وهذه الأقواس الجزرية، تنشأ عن سلسلة البراكين الموازية لأخدود التقارب؛ وذلك ناتج من انبثاق حمم صخور البازلت والانديسايت، التي قد ترى من غلاف الانسياب، فوق اللوح المحيطي النازل؛ أو ينتجه انصهار القشرة الأرضية البازلتية، ورواسب قاع المحيط المندس.

### 3) الظواهر المصاحبة للاندساس:

لا شــك أن انضــواء صــفيحة محيطيـــة، لا يقــل سُــمْكها عــن عشــرة كيلومترات، تحت صفيحة قارية، لا يقل سُمْكها عن 40 كيلومتراً . يولِّد قدراً كبيراً من الضغط Stress، على حافتي الصفيحتين المتقاربتين. ويصحب هذا التقارب الصفائحي العديد من الظواهر، التي يمكن مشاهدة بعضها وقياسه؛ واستنتاج بعضها الآخر من كثير من الدلائل، التي تشير إليه. ومن أهم الظواهر المصاحبة لعملية الاندساس، ثلاث هي:

- الأخاديد.
- الزلازل.
- البراكين.

#### أ. الأخاديد:




لو أمكن النظر، من خلال المياه المحيطية، إلى ظواهر قاع المحيط؛ لانكشف العديد من الأخاديد Trenches، الضيقة، العميقة، التي تمتد آلاف الكيلومترات؛ ولا سيما في المحيط الهادي، حيث تكثُر الأخاديد الضيقة، المقوسة، التي يراوح عمقها

بين 8 واكثر من 10 كيلومترات؛ وتمتد في القاع الاف الكليومترات. ففي شماله، الأخدود الأليوتي Aleutian Trench، وبالالتفاف حول المحيط، بعكس اتجاه عقارب الساعة، تنتظم سلسلة من الأخاديد،

اخدود كوريل Kurile Trench.

اخدود ماريانا Mrianas Trench. اعمق الأخاديد المحيطية، على الإطلاق. وفيه اعمق نقطة في القشرة الأرضية. ويتجاوز عمقه، تحت سطح البحر، احد عشر كيلومتراً.

اخدود ريوكيو Ryukyu Trench. يمتد بموازاة أخدود ماريانا، على الجانب الغربي من الصفيحة الفليبينية.

اخدود فيتياز Vityaz Trench.

اخدود تونجا Tonga Trench.

اخدود بيرو وتشيلي Peru– Chile Trench. يمتد شرقي المحيط، بموازاة السواحل الغربية لأمريكا الجنوبية.

الأخاديد، هي اعمق أجزاء قاع المحيط. وتكونت بفعل عملية الاندساس. وخط قاع الأخدود، هو خط التقاء الصفيحتَين المتقابلتين؛ إذ ينتج الأخدود من انحناء طرف الصفيحة المحيطية إلى الأسفل، عند طرف الصفيحة القارية. إن من ابرز أمثلة اندساس صفيحة محيطية، تحت اخرى قارية، ما يحدث بين صفيحة نازكا المحيطية وصفيحة اميركا الجنوبية. ونتيجة لذلك، يمتد في قاع المحيط، على طول سواحل أمريكا الجنوبية، اخدود بيرو وتشيلي.

ويسفر اندساس صفيحة تحت أخرى، عن انثناء الصفيحة القارية إلى أعلى، والضغط على حد التقارب ضغطاً كبيراً. وينجم عن ذلك ارتفاع الأرض، وتكون سلاسل جبلية عالية الارتفاع، ناتجة من التواءات في القشرة القارية. وتمثل سلاسل جبال الإنديز Andes Mountains، في غرب امريكا الجنوبية. مثالاً بارزاً

على ذلك؛ إذ إن ارتفاعها، قد يزداد بضعة أمتار، بعد الزلازل القوية، التي يعهدها الساحل الغربي لقارة أمريكا الجنوبية.

ب. الزلازل:



عندما تتقارب صفيحة محيطية مع أخرى قارية، وتنثني إلى الأسفل، لتندس تحتها؛ ينتج من ذلك الانثناء، على طول خط التقاء الصفيحتين، أخاديد عميقة. ويسفر انثناء الصفيحة المحيطية إلى الأسفل، واحتكاك صخورها الليثوسفيرية الصلبة، بصخور الصفيحة القارية، يسفر عنه تكسر وتصدع، في منطقة التقاء الصفيحتين واحتكاك إحداهما بالأخرى. ولأن صخور طبقة الانسياب الأستنوسفير، ألين وأقل مقاومة للاحتكاك، فإن طبقة الليثوسفير المحيطية الصلبة، والباردة نسبياً، تغوص فيها بهدوء. ولكن في منطقة التقاء Subduction Zone صفيحتين صلبتين، من الليثوسفير، محيطية، وقارية، فإن الطبقات العليا من أولاهما، والطبقات الدنيا من ثانيتهما، يحدث بينها احتكاك شديد، وتنكسر صخورها في منطقة الاحتكاك. وينتج من هذين التكسر والاحتكاك زلازل غير عميقة، يراوح مركزها Focus، تحت السطح، بين الصفر و70 كيلومتراً.

يحدث نحو 90٪ من الزلازل في اعماق، لا تتجاوز 100 كيلومتر. ويظهر ان كل الزلازل القوية جداً، تحدث في أعماق ضحلة. وتشير البيانات الزلازلية إلا أنه في حين رصدت زلازل في اعماق ضحلة، قوتها 8.6 درجات، بمقياس ريختر Richter Magnitude؛ فإن اقوى زلزال متوسط العمق، كانت قوته 7.5 درجات؛ ولم تتجاوز قوة الزلازل العميقة 6.9 درجات، بالمقياس نفسه.

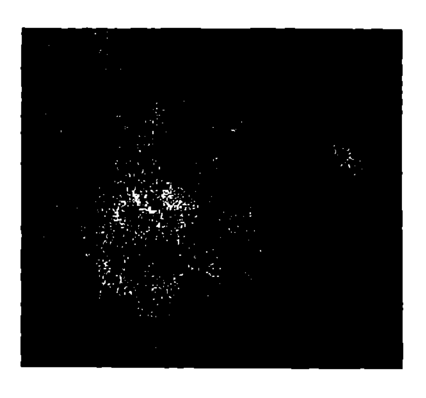
كلما عَمُقَت الصفيحة المحيطية، داخل طبقة الأسثنوسفير، تعرضت لمزيد من الضغط والحرارة؛ ولذلك، يتوقع العلماء، أن تبدأ اجزاء كبيرة منها بالتكسر؛ وقد تنحصر هذه الأجزاء في مواقعها، وتتوقف عن التحرك، مدة طويلة من الزمن. ويستمر ضغط الصفيحة المحيطية المتحركة إلى الأسفل عليها، حتى يبلغ درجة تنهار معها مقاومتها للحركة؛ فتندفع، فجأة، وبسرعة، مسببة هزات، يراوح متوسط عمقها بين 71 كيلومتراً و300 كيلومتر. لا يتجاوز اقصى عمق للزلازل، الناتجة عن الاندساس، 700 كيلومتر. لذا، يتوقع العلماء، ان الصفيحة الليثوسفير المحيطية، كلما عَمُقت في طبقة الأسثنوسفير، وتعرضت لمزيد من الضغط والحرارة، ازداد انصهار صخورها؛ فلا تصل إلى العمق الأنف، إلا وقد أصبحت جزءاً من دورة الصهير الصخري، في الوشاح. ويرجح العلماء، أن يبدأ نطاق الانصهار الجزئي، عند عمق 100 كيلومتر، تقريباً، تحت السطح. وقد تتكسر الأطراف العميقة جداً للصفيحة المحيطية، عند ذوبانها. وقد تعترض هذه الكتل الصخرية المتكسرة، وتتوقف عن الحركة، مدة من الزمن، يتزايد خلالها الضغط عليها، حتى تتحرك فجأة، مسببة زلازل عميقة؛ ويصاحبها، احياناً، ارتفاع مستوى سطح الأرض فوقها، بضعة امتار.

إذاً، المراكز السطحية للزلازل قليلة العمق Shallow Earthquakes، تكون في المنطقة الساحلية، على حدود الصفيحة القارية، قرب اخدود الاندساس. وتلك المتوسطة العمق، ستكون مراكزها السطحية، بلا شك، ابعد عن اخدود الاندساس، نحو داخل القارة، بعيداً عن الساحل. تليها، إلى الداخل، نحو اليابس، المراكز السطحية للزلازل العميقة. ويمكن تحقيق صحة هذه الاستنتاجات، بتمثل

الزلازل، التي هزت مناطق في أمريكا الجنوبية، حيث تقاربت صفيحتها من صفيحة نازكا المحيطية؛ فنشأ عن تقاربهما أخدود بيرو وتشيلي، على طول الساحل الغربي لقارة أمريكا الجنوبية، والمرتبط باندساس صفيحة نازكا تحت نظيرتها.

وقد اختير لهذا المثل عدد من الزلازل، منها الضحل، ومنها المتوسط، ومنها العميق. وقعت أماكنها، على الرسم البياني، الذي يبين عمق مركز كل زلزال؛ والمسافة بين مركزي السطحي، وخط التقاء الصفيحتين، في الأخدود ويوضح الشكل المذكور، أن أعماق مراكز الزلازل، تزداد، بالاتجاه نحو داخل القارة، أو بعبارة أخرى، بالابتعاد عن نقطة خط التقاء الصفيحتّين، القارية والمحيطية، على السطح. وتنتظم النقاط، الممثلة لمراكز الزلازل، في خط، ينحدر من السطح، تحت الصفيحة القارية، بزاوية 45°، تقريباً. ويطلق على هذا النمط، في توزيع مراكز الزلازل، نطاق بينيوف Benioff Zone، نسبة إلى العالم، الذي اكتشفها، أول مرة. وذلك يؤيد التحليل المذكور آنفاً، لآلية اندساس صفيحة محيطية تحت صفيحة قارية. ومما ينبغي تأكيده، أن هذا النمط في توزيع الزلازل ليس مقصوراً على صفيحتَي نازكا وأمريكا الجنوبية؛ وإنما يتكرر في كل مكان، تتقارب فيه صفيحة محيطية من أخرى قارية.

ج. البراكين:



إن اندساس صفيحة محيطية، بصخورها الصلبة، وسمكها الذي يبلغ 10 كيلومترات، تحت صفيحة قارية صلبة، قد يتجاوز سمكها 40 كيلومتراً . لا بد ان يصحبه كثير من الظواهر. وقد يؤدي ارتفاع أطراف الصفيحة القارية إلى الأعلى، وتصدعها السفلي، الناتج من ذلك، تدفق حمم الصهير إلى الأعلى، خلال الشقوق والفوالق. وفي بعض الحالات، تصل هذه الحمم إلى السطح، وتندفع، بقوة، مصحوبة بالكثير من الأبخرة والرماد البركاني، وحاملة معها، أحياناً، جلاميد صخرية. تندفع Lava، المتدفقة من باطن الأرض، خلال فتحة رئيسية واحدة، في غالب الأحوال؛ وتتراكم حولها، مكونة جبالاً، تعرف بالبراكين Volcanoes، تنتظم في سلسلة موازية لخط التقاء الصفيحتَين. ومعظم هذه البراكين، في كلٍّ من قممها حوض شديد انحدار الجانبَين، يطلق عليه الوهدة، أو فوهة البركان Crater. ويصل وهدة البركان بمصدر الصهير، ممر او عدة ممرات أنبوبية. وبعض البراكين، يتسع حوضها العلوي كثيراً، وقد يتجاوز قطره كيلومتراً واحداً؛ فيطلق عليه، في هذه الحالة، كالديرا Caldera. واللاهبة المتدفقة من فوهة البركان، تضيف طبقات إلى المخروط البركاني؛ إذ سرعان ما تبرد، بعد خروجها إلى السطح، وتتوقف عن التدفق. ولكن، في بعض الحالات، يكون هناك غير فتحة، فيندفع جزء من اللاهبة، تحت الضغط الشديد، من بعض الفتحات الجانبية، مكونة مخاريط هامشية Parasitic Cones وتتدفق اللاهبة، احياناً، فتنساب على الأرض، حول فتحة البركان، مكونة سطحاً قبابياً واسعاً، يسمى الحرة. وتشكل حدود الصفائح التكتونية مناطق ناشطة، بركانياً، وزلزالياً. فهناك عدد كبير من البراكين في حلقة النار Ring of Fire، حول المحيط الهادي؛ وعدد آخر في حوض البحر الأبيض المتوسط. ويتجاوز، اليوم، عدد البراكين الناشطة في العالم 500 بركان.

**ويمكن أن تصنف البراكين حسب بيئاتها، التي تثور فيها، ثلاثة انواع:**

- براكين قارية.
- براكين محيطية.

براكين الأقواس الجُزرية.

عان، الأول والثالث، مرتبط حدوثهما بعملية الاندساس.

البراكين القارية:



البراكين القارية، هي التي تحدث، عادة، في السلاسل الجبلية غير المستقرة، القاعدة الصخرية الجرانيتية، فوق أراضي القارات. يتكون الصهير الصخري زلتي Magma، قرب قاعدة الجبال؛ ثم يأخذ الصهير في التحرك إلى الأعلى، ر الصدوع والفوالق في القشرة. وخلال تدفقه، عبر الطبقات الصخرية رانيتية، يتغير تركيبه؛ وعندما يندفع إلى السطح، تتكون المخاريط البركانية صخور غير بازلتية. وهذه الظاهرة مرتبطة باندساس الصفائح، عند تقاربها. ساس صفيحة محيطية تحت صفيحة قارية، وما يولّده من انصهار الطبقات يا من أولاهما، عند احتكاكها بنظيرتها؛ والضغط الشديد المصاحب لذلك، كسر والتصدع في القشرة القارية- كل ذلك، يهيئ البيئة القارية، في هذه طق، للثورانات البركانية. وينتج من تدفق الصهير الصخري، عبر طبقات ن، مصحوباً بارتفاع شديد في الضغط والحرارة، كثير من عمليات التحول

الصخري Rock Metamorphism. وتتكون الصخور المتحولة، إما من أصل ناري، أو من أصل رسوبي، حسب نوع الصخور، التي يمر عليها أو يقربها الصهير. وفي بعض الحالات، يندفع الصهير إلى الأعلى، ويبرد، ويتجمد، قبل أن يظهر على السطح، مكوناً صخوراً نارية داخلية Intrusive.

- البراكين المحيطية:



اكتشف علماء الجيولوجيا مؤخرًا أن جميع المحيطات وبعض البحار مثل البحر الأحمر وبحر العرب متوقدة بالفعل، في حين أن بحارًا أخرى مثل البحر الأبيض المتوسط والبحر الأسود وبحر قزوين ليست كذلك. وتم رصد أكثر من 64000كم من الارتفاعات المنتصف محيطية MID – OCEAN RIDGES الواقعة حول الوديان المتصدعة في منتصف المحيط MID – OCEAN RIFT VALLEYS، تتكون هذه الارتفاعات في قاع المحيط من صخور بازلتية بركانية تتصبب من المناطق المتصدعة المحيطية OCEANIC RIFT ZONES عند درجات حرارة تفوق الألف درجة مئوية تُكوّن هذه القوة البركانية المحيطية الهائلة الارتفاعات المنتصف محيطية وتتسبب في امتدادها جانبيًا LATERAL SPREAD والذي يعرف بظاهرة امتداد قاع المحيط SEA–FLOOR SPREADING تتكون ألواح جديدة من القشرة المحيطية على جانبي المناطق المتصدعة بسبب التصبب المستمر للبازلت الجديد، تنشأ البركانية المنتصف

محيطية من بركانية صدعية FISSURE VOLCANISM والتي تنشأ من الشبكات الصدعية المنتصف محيطية، حيث تتصدع قشرة قاع المحيط وحيث تدفع الصهارة MAGMA بالجوانب المتقابلة للمنطقة المتصدعة جانبًا.

يتصبب البازلت على هيئة انفجارات وسيلانات على طول محور الارتفاع المحيطي، وتتغذى هذه الانفجارات والسيلانات البازلتية من غرف صهارة ثانوية موجودة أسفل منتصف الارتفاع المنتصف محيطي. ويتكون البازلت الموجود على سطح القشرة المحيطية في قاع المحيط، والذي يبلغ سمكه في المتوسط 7 كيلو متر تقريباً من الآتي من أعلى إلى أسفل: من صفر إلى واحد كيلو جرام من الرواسب 1كم من وسائد الحمم البازلتية PILLOW LAVA BASALTS 5 كم من الجدّات الموازية من الجابرو (وهي أجسام منبسطة من الصخور البركانية قائمة بين طبقتين من مقذوفات البراكين) التي تتغذى من خنادق.

تنتج عدة ظواهر بعد الانفجارات البركانية نتيجة تفاعل المياه الجوفية مع الصخور الحامية المدفونة التي تتضمن:

1. تكوين ينابيع حامية HOT SPRINGS نتيجة تسخين المياه الجوفية وتمعدنها بسبب وجود الصخور البركانية بها.
2. تكوين حمّات GEYSERS التي هي انفجارات دورية لمياه مغلية تزيد درجات حرارتها عن 200 درجة مئوية تنتج عن دورانها مع مياه وفية في غاية السخونة موجودة بالأعماق والتي هي متلامسة مباشرة مع الصخور الحامية، التي تزيد درجات حرارتها عن الألف درجة مئوية.
3. المنافذ البركانية FUMAROLES التي هي منافذ للأبخرة المتشبعة بثاني أكسيد الكبريت وكبريتيد الهيدروجين والهيدروكلوريد والهيدروفلوريد.
4. المنافذ الكبريتية التي هي منافذ بركانية غنية بمركبات الكبريت.

معظم النشاط البركاني القائم حاليًا في قيعان البحار والمحيطات مستمر منذ ما بين 20 إلى 30 مليون سنة مضت، وبعض ذلك النشاط البركاني مستمر منذ اكثر من 100 مليون سنة (مثل الذي في جزر الكاناريا)، واثناء هذه الفترة الطويلة من النشاط البركاني تم دفع المخاريط البركانية تدريجيًا مئات الكيلومترات عن حرف اللوح المحيطي الدائم التجدد، وبالتالي بعدت المخاريط البركانية عن جسم الصهارة المغذي لها، وبالتالي اختفت تدريجيًا، ويحتوي قاع المحيط الهادي الحالي على عدد ضخم من الفوهات البركانية المغمورة بالمياه والمكبوتة بالإضافة إلى عدد كبير من البراكين ذات النشاط العنيف.

وان جميع المحيطات والبحار التي تتعرض لظاهرة امتداد قيعانها متوقدة بالفعل في حين ان البحار التي بدات في الانغلاق ليست متوقدة. هذه النيران في قاع المحيط موجودة على هيئة سيلانات بازلتية غاية في السخونة وقذائف الصهارة المتصببة من شبكات الوديان المتصدعة التي تشق طبقة الليثوسفير للكرة الأرضية. تجري هذه التصدعات لعشرات الآلاف من الكيلو مترات حول الكرة الأرضية في جميع الاتجاهات لأعماق ما بين 65 إلى 150 كيلو مترا؛ لتوصل ما بين قاع المحيطات والبحار وطبقة الأثنوسفير البلاستيكية شبه المصهورة والشديدة السخونة وبالتالي فإن قيعان المحيطات والبحار هذه متوقدة بالفعل.

- **براكين الأقواس الجزرية:**

تتصف الأقواس الجزرية، الناشئة بعامة عن اندساس صفيحة محيطية تحت أخرى محيطية، بثلاث صفات كثرة البراكين: النشاط البركاني الزائد، في هذه البيئات، ينجم عن انصهار الليثوسفير المحيطي، المندس إلى الأسفل. الأقواس الجزرية حديثة التكوين، مثل: قوس تونجا Tonga، وقوس ساندوتش الجنوبية South Sandwich، مكونة من صخور الثيولايت البازلتية Tholeitic Basalt دقيقة الحبيبات. والأقواس الجزرية الأقدم، مثل: قوس الجزر الأليوتية Aleutians، وقوس جزر اليابان Islands of Japan، وقوس الجزر الأندونيسية Indonesia،

مكونة من صخور الأندزيت Andesite، البركانية المتوسطة Intermediate Volcanic Rocks.



تحدث عمليات التحول الصخري، في الأقواس الجزرية، تحت ظروف ضغط منخفض، ودرجات حرارة عالية. وهذه مرتبطة بالتدفق الحراري الباطني العالي، واندفاع الصهير الصخري إلى الأعلى في القوس الجزري. فالأقواس الجزرية، ليست إلا جبال بركانية، فوق قاع المحيط؛ قد تظهر فوق سطح الماء، تاركة بينها وبين اليابس القاري حوضاً ضيقاً، يملأه بحر هامشي.

الواقع، أن هناك خلافاً بين العلماء في مصدر الصهير الصخري، المكون للبراكين. فمنهم من يرى، أن الصهير مصدره الحمم الصخرية، السائلة في غلاف الانسياب، والتي قد تتمكن من السريان بين اللوحين المتقاربين، وتجد طريقها إلى السطح عبر الفوالق والشقوق والصدوع. وقد تصل إلى السطح غير ملوثة بالرواسب، أو صخور القشرة الأرضية المتداخلة. وتشير شواهد بعض الاندلاعات البركانية، إلى أن الصهير منشئه صخور الصفيحة المندسة، التي تنصهر تحت تأثير الضغط والحرارة الشديدَين؛ ثم تجد طريقها، عبر الشقوق والصدوع والفوالق، في الصفيحة القارية، الناشئة عن انثنائها إلى الأعلى. وقد ينشأ الصهير نتيجة ذوبان الأجزاء السفلى من الصفيحة القارية، الناتج من ازدياد الضغط والحرارة عليها، فتتدفق حممه إلى الأعلى، عبر الشقوق والفوالق.

**التصادم:**

التصادم هو الشكل الثاني، من أشكال تقارب الصفائح التكتونية. وقد مر ذكر الاندساس، وانه يحدث في حال تقارب صفيحة محيطية من أخرى قارية، أو تقارب صفيحة محيطية من اخرى محيطية. ويحدث التصادم، عند تقارب صفيحة قارية من اخرى قارية. ويرتبط حدوث التصادم بين صفيحتَين قاريتين، بتكون جبال التوائية شاهقة الارتفاع. وذلك بسبب تجعد طبقات صخور القشرة الأرضية، المحصورة بين الصفيحتَين المتصادمتَين، أو على أطرافهما. وحدود الهدم في الصفائح التكتونية، في الشكل الثاني، تقابل الحدود البناءة بين الصفائح المتباعدة.

وأمثلة هذه الحالة كثيرة، على سطح الأرض. فقد نشأت جبال الهملايا عن تصادم الصفيحتَين، الهندية والأوراسية. ونشأت سلاسل جبال الألب عن تصادم الصفيحتَين، الأفريقية والأوراسية، في جنوب أوروبا. وتشكلت سلاسل جبال زاجروس وطوروس والأناضول، من ضغط الصفيحة العربية على كل من الإيرانية والتركية.

وعند تصادم صفيحتَين قاريتين، تهيئ الالتواءات في صخور القشرة الأرضية، والفوالق والصدوع المصاحبة لها، مجالاً لتدفق اللاهبة؛ وهي، غالباً، في الأماكن المكونة من صخور الريولايت Rhyolite، الجرانيتية، ذات الحمضية العالية.

ويَعد كثير من الجيولوجيين تصادم صفيحتَين قاريتين، هي المرحلة الأخيرة في حركة الصفائح التكتونية. وتصادم صفيحتَين قاريتين؛ كان على حساب صفيحة محيطية تفصل بينهما. فالصفائح، الهندية والعربية والأفريقية، كانت أجزاء من قارة جندوانالاند القديمة. وكان يفصلها عن لوارسيا، أو بالتحديد الصفيحة الأوراسية (حالياً)، بحر تيثس القديم. ويعتقد أن القشرة المكونة لقاع ذلك البحر، قد تأكلت، بالاندساس. وتشهد الرواسب، البحرية والمرجانية، على قمم جبال الألب وجبال الهملايا وبين ثنياتها، بأنها كانت رواسب

قاع بحر قديم، أدى الضغط الشديد عليها، من الجانبين، التواءها وارتفاعها إلى الأعلى، مكونة تلك السلاسل الجبلية الشاهقة.

حينما تتصادم صفيحتان قاريتان، لا يحدث اندساس لإحداهما تحت الأخرى، لتغوص في طبقة الانسياب، الاستنوسفير؛ وذلك لانخفاض كثافتيهما، وخفة وزنيهما، بالنسبة إلى الطبقات التي تحتهما؛ مثل كرتين تصادمتا، على سطح الماء، تأبى إحداهما أن تغوص تحت الأخرى؛ ومثلما يستحيل على الجبال الثلجية العائمة، أن يغوص أحدها تحت الآخر، عند تصادمها ببعضها. وبدلاً من أن تغوص إحداهما تحت الأخرى، فإن الصفيحتين القاريتين المتصادمتين، تلتحم إحداهما بالأخرى، وقد تندفعان إلى الأعلى، أو إلى الجانبين. وقد أدى تصادم الصفيحتين، الهندية والأوراسية، قبل 50 مليون سنة، تلاحمهما وتضاغطهما، فارتفعت ثانيتهما على أولاهما. رفع الاندفاع البطيء، والمستمر، لكل من الصفيحتين نحو الأخرى، جبال الهملايا، وهضبة التيبت إلى ارتفاعاتهما الحالية. وتظهر آثار تضاغطهما الشديد، ليس فقط في المرتفعات؛ بل في الصدوع الكثيرة، كذلك، المنتشرة في الصين وسيبيريا، والتي تبعد أكثر من ثلاثة آلاف كيلومتر، شمال جبال الهملايا. معظم هذه الظواهر، تطورت خلال العشرة ملايين سنة الأخيرة. وتشكل جبال الهملايا، الشامخة إلى 8854 متراً، فوق سطح البحر، أعلى جبال قارية في العالم؛ بل إن هضبة التبت، التي يصل متوسط ارتفاعها إلى 4600 متر، فوق سطح البحر، يفوق ارتفاعها أعلى القمم في جبال الألب، عدا جبل بلانك، وجبل روزا.

- حدود صفائحية تحويلية (محافظة):

إن الصفائح التكتونية، إما أن تتحرك مبتعدة بعضها عن بعض، فتكون حدودها متباعدة؛ أو أن تتحرك كل واحدة نحو الأخرى، فتكون حدودها متقاربة؛ أو أن يحتك بعضها ببعض، وهي تنزلق، أفقياً، في اتجاهين متعاكسين. ولأن هذا النوع من الحركة لا يصحبه، غالباً، بناءٌ، ولا هدمٌ، في القشرة الأرضية، فقد أطلق

على حدود الصفائح، في هذه الحالة، حدود محافظة Conservative Boundaries. وقد يطلق عليها، أحياناً، حدود الصدوع التحويلية Transform Fault Boundaries. وهذا التعبير الأخير، جاء به عالم الجغرافيا الكندي، تيزو ويلسون Tuzo Wilson، الذي افترض أن هذه الصدوع، تصل بين مركزي انتشار، أو بين حدود متباعدة؛ وقد تصل بين حدود صفائحية متقاربة.

معظم الصدوع التحويلية، في قاع المحيط، تدرِّج الحدود الصفائحية المتباعدة، وتتيح لها الانحناء، من دون أن تتقوس؛ من طريق التدرج السُّلَّمي لأجزاء تلك الحدود، التي تصل بينها حدود تحويلية. وهذه الحدود تشهد بعض الأنشطة الزلزالية الضعيفة.

بعض هذه الصدوع التحويلية، يوجد على اليابس. ويمتد أشهرها في اليابس الأمريكي، وهو صدع سان أندرياس San Andreas Fault، الذي يصل بين الحدود المتباعدة لحيد شرقي المحيط الهادي، من الجنوب، والحدود المتباعدة لحيد جوردا . جوان ديفوكا . إكسبلو – Gorda – Juan de Fuca – Explores Ridge، إلى الشمال منه. ويناهز طول هذا الصدع 1300 كيلومتر. وقد يصل عرضه، في بعض الأماكن، إلى عشرات الكيلومترات. على طول هذا الصدع التحويلي، ظلت الصفيحة الأمريكية الشمالية، تنزلق، أفقياً، في اتجاه معاكس لحركة صفيحة المحيط الهادي، على الجانب الآخر من الصدع، خلال العشرة ملايين سنة الأخيرة، بمعدل حركة، يصل إلى خمسة سنتيمترات، في السنة. فالأراضي الواقعة على الجانب الغربي من الصدع، على صفيحة المحيط الهادي، تتحرك في اتجاه شمالي غربي، نسبة إلى الأراضي، التي على الجانب الشرقي من الصدع، على صفيحة أمريكا الشمالية يشهد صدع سان أندرياس بعض الزلازل، ذات الأعماق الضحلة؛ وبعض البراكين، الناشطة بين فترة وأخرى.



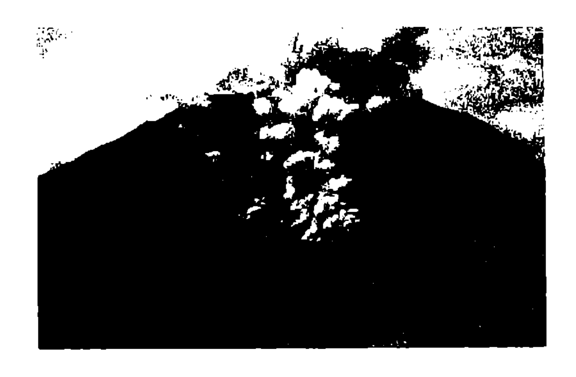
(San Andreas Fault)

أن حدود الصفائح التكتونية، ليست دائماً نمطية واضحة؛ بل تشذ، في بعض المناطق، عن ذلك النمط العام. فقد تكوّن الحدود حزاماً عريضاً، بين صفيحتين، يطلق عليه نطاق الحدود الصفائحية Plate– Boundary Zone. أحد هذه الأحزمة، وقد سبقت الإشارة إليه، يمتد في إقليم البحر الأبيض المتوسط، وجبال الألب، بين الصفيحة الأوراسية والصفيحة الأفريقية؛ وينتظم عدداً من الأجزاء الصغيرة، من الصفائح Microplates. ولأن العلاقات الحدودية، بين الصفائح، هنا، يكون طرفاها صفيحتين كبيرتين، وصفيحة صغيرة، أو أكثر، محصورة بينهما، فقد نشأت ظواهر جيولوجية، وأنماط زلزالية شديدة التعقيد. الحدود الصفائحية، بين الصفيحة الأوراسية والصفيحة الأمريكية الشمالية، ليست محددة؛ وإن كان يعتقد أنها تمتد شمالاً، من نقطة التقاء الأخدود الأليوتي أخدود كوريل.

## أنواع البراكين وإحصائيات الكوارث البركانية والتوزيع الجغرافي للبراكين:

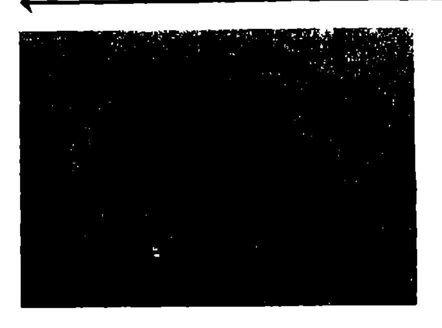
البركان هو ذلك المكان الذي تخرج أو تنبعث منه المواد الصهيرية الحارة مع الأبخرة والغازات المصاحبة لها على عمق من والقشرة الأرضية ويحدث ذلك خلال فوهات أو شقوق. وتتراكم المواد المنصهرة أو تنساب حسب نوعها لتشكل أشكالا أرضية مختلفة منها التلال المخروطية أو الجبال البركانية العالية.

تعد إندونيسيا من أكثر الدول التي يوجد بها براكين 180 بركانا.



**التنبؤ بحدوث الإنفجارات البركانية:**

سجل التاريخ حدوث هزات أرضية قبل حدوث البراكين، حيث سبق حدوث انفجار هاواي نوعان من الهزات الأرضية نوع قريب من السطح لا يتعدى بعُد مركز الزلزال فيه عن 8 كيلومترات عن السطح، ونوع حدث على أعماق سحيقة على بعد 60 كيلومترا تحت سطح الأرض. وفي بعض الحالات سبقت الهزات انفجار البراكين بعدة سنوات ومثال ذلك تلك الهزات الأرضية التي استمرت 16 عاما قبل ثوران بركان فيزوف (79 ق.م) وكذلك الهزات الأرضية التي استمرت عدة سنوات قبل حدوث انفجار بركان كيلوا Kilau في هاواي. وفي هذا المجال قام (مركز رصد البراكين) في هاواي بعدة دراسات ميدانية حول هذه الظاهرة عام 1942 حيث سجل حدوث هزات أرضية عنيفة في مونالوا Maunaloa على ابعاد سحيقة من سطح الأرض تتراوح بين 40– 50 كيلومترا. وفي 22 فبراير من تلك السنة حدثت هزات أرضية قريبة من السطح على جوانب الجبل في مناطق الشقوق فيه.



(بركان فيزوف)

كانت هذه الهزات إنذارا لحدوث ثورة البركان التي حصلت على جوانب الجبل على ارتفاع 2500– 3000م، بتاريخ 26 ابريل 1942. ولكن هل يمكن التنبؤ بصورة دقيقة بوقت حدوث النشاطات البركانية؟

للإجابة على هذا السؤال يجب ان نعرف أن علماء البراكين ما زالوا يتريثون في تقديم اي تنبؤات اكيدة ودقيقة عن زمان ومكان حدوث مثل هذه الإنفجارات ورغم ذلك فإن هناك بعض الأحداث والشواهد التي يمكننا الاستدلال منها على احتمال ثوران البراكين وهي:

1. حدوث الزلازل التي قد تسبق ثوران البراكين بساعات او بسنين احيانا.
2. التغير في صفات وسلوك الينابيع الحارة والفورات الأرضية والفوهات والبحيرات البركانية.
3. التغير في قوة واتجاهات المجالات المغناطيسية للأرض.
4. زيادة الحرارة المنبعثة في المنطقة ويكن الإستدلال عليها من التصوير بالأشعة تحت الحمراء.
5. التحول في القوى الكهربائية المحلية.
6. السلوك المتوتر لدى بعض أنواع الحيوانات.

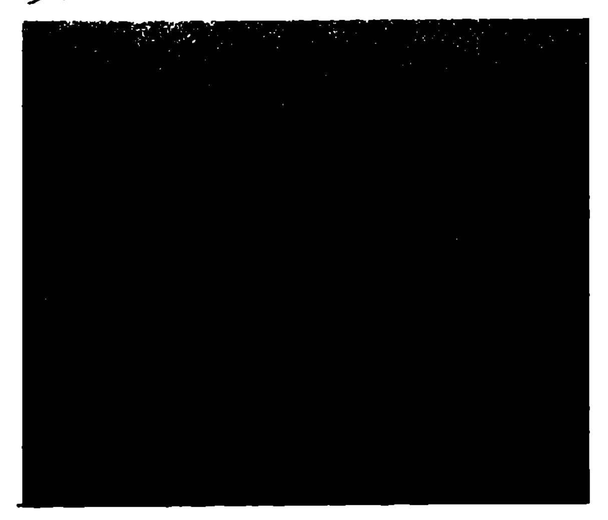
ومن الدراسات الحديثة في هذا المجال استخدام الأقمار الصناعية حيث يمكن بواسطتها استعمال جهاز قياس الميل Tilt metér الذي يدلنا على تغير ميل التراكيب الجيولوجية نتيجة اندفاع الصهارة من اسفل إلى أعلى وحدوث تفلطح في المنطقة التي يبدأ يتكون فيها المخروط البركاني والذي تخرج منه الحمم. إن الاهتمام العالمي بهذا الخصوص ادى إلى تأسيس معاهد تختص بدراسة الظواهر الفجائية مثل الإنفجارات البركانية ففي مدينة كامبردج في الولايات المتحدة معهد يضم نخبة من الباحثين وعلماء البراكين والجيولوجيا وتتصل به شبكات عالمية تزوده بالمعلومات حول الهزات الأرضية والثورانات البركانية وأي عوارض اخرى فجائية تحدث في القشرة الأرضية في اماكن مختلفة من العالم. ويتم مقارنة ودراسة هذه المعلومات أولا بأول للوصول إلى تصورات متكاملة حول هذا الموضوع.

**التوزيع الجغرافي للبراكين:**

يُقدر عدد البراكين النشيطة بحوالي 600 بركان موزعة على سطح الأرض، ويتركز معظمها في احزمة توازي تقريبا مناطق الشقوق والتكسرات والفوالق الطبيعية متوزعة بمحاذاة سلاسل الجبال حديثة التكوين غالبا. وهناك توزيعان كبيران للبراكين:

الأول: "دائرة الحزام الناري"، وتقع في المحيط الهادي.

والثاني: يبدأ من منطقة بلوشستان إلى إيران، فآسيا الصغرى، فالبحر الأبيض المتوسط ليصل على جزر آزور وكناري ويلتف إلى جبال الأنديز الغربية في الولايات المتحدة. وفيما يلي بعض أسماء البراكين في هذه المناطق:



فوهة بركان خامد في أريزونا الأمريكية



لوحة فنية من القرن الثامن عشر تصور ثوران أحد البراكين

**منطقة المحيط الهادي:**

الاسكا: 20 بركانا منها بركان كاتاماي Katamai ، وشيشالدين Shishaldin.

كندا: 5 براكين منها رانجل .Wrangell

الولايات المتحدة الأمريكية: 8 براكين ومنها راينر .Rainier

المكسيك: 10 براكين منها باريكوتين الذي ثار لأول مرة سنة 1934.

امريكا الجنوبية: بركانان.

نيوزيلنده: 6 براكين.

جوانا الجديدة: 30 بركانا.

الفليبين: 20 بركانا.

اليابان: 40 بركانا.

**منطقة محور البحر الأبيض المتوسط**

من جهة الغرب إلى الشرق نجد البراكين التالية في هذه المنطقة-

منطقة الأدرياتيك: 9 براكين ومنها جبل بيليه .Pelee

الأزور: 5 براكين.

الكناري: 3 براكين.

إيطاليا: 15 بركانا ومنها بركان فيزوف وسترومبولي وفولكانو.

المنطقة العربية وآسيا الصغرى: 6 براكين.

منطقة الأخدود الأفريقي.

هاواي: 5 براكين.

جزر جالاباجوس: 3 براكين.

آيسلندا: 27 بركانا.

افريقيا الوسطى: 5 براكين.

افريقيا الشرقية: 19 بركانا.

من الإحصائيات السابقة نلاحظ ان حوالي ثلاث أرباع براكين العالم تتوزع على حافة المحيط الهادي. ومع ان 80٪ من هذه البراكين تقع على الأجزاء اليابسة من القارات، فإن هناك براكين عديدة تثور في قاع المحيطات.

إحصائيات الكوارث البركانية: اشهر الكوارث البركانية:

| البركان | الوفيات | المكان | السنة |
|---|---|---|---|
| بركان فيزوف | 16000 | بومبي هيركولانيوم | 79 ق.م |
| بركان إتنا | 15.000 | صقلية، إتن | 1169 |
| جبل هيكلا | 9.000 | آيسلنده | 1783 |
| تامبورو | 90.000 | اندونيسيا | 1815 |
| كراكاتو | 40.000 | إندونيسيا | 1883 |
| مونت بيليه | 40.000 | المارتينيك | 1902 |
| جبل كيلود | 3.000 | جاوه | 1919 |



(جزيرة بركانية)

هات بركانية:

حصلت اكبر ثورة بركانية في التاريخ في تامبورا Tambora في . سامباوا بإندونيسيا يوم 5- 7 ابريل 1815 حيث قدرت حجم ال البركانية المقذوفة بحوالي 80 كم² والطاقة الناتجة عنه بح $8.4\times10^{(26)}$ إرغ. وتكونت له فوهة قطرها 11 كم وقتل بسبب ثورته 00 نسمة.

أطول مسافة قطعتها الحمم البركانية كانت 70كم ناتجة عن ب لاكي Laki جنوب شرق آيسلندا عام 1873.

حدث اعظم انفجار بركاني في 27 اغسطس 1883 في جزيرة كرا الواقعة بين سومطرة وجاوه وقضى على 163 قرية وقتل حوالي 40.000 وتدفقت الحمم لعلو 55 كم واندفع الغبار البركاني ليقطع مسافة ا كم خلال عشرة ايام.

4. اوسع فوهة بركانية هي فوهة بركان توبا Toba في جزيرة سومطرة مساحتها 1775 كم$^3$. يقال ان اسم ((بركان)) يرجع إلى الإله ((فولكان)) إله النار والحدادة عند الرومان حيث كانوا يعتقدون ان الجبل الذي يشرف على خليج نابولي في إيطاليا ما هو إلا مدخنة لأتون كبير يوقده هذا الإله.

**انواع المواد البركانية:**

يخرج من البراكين حين ثوراتها حطام صخري صلب ومواد سائلة.

**1. الحطام الصخري:**

ينبثق نتيجة للانفجارات البركانية حطام صخري صلب مختلف الأنواع والأحجام عادة في الفترة الأولى من الثوران البركاني. ويشتق الحطام الصخري من القشرة المتصلبة التي تنتزع من جدران العنق نتيجة لدفع اللافا والمواد الغازية المنطلقة من الصهير بقوة وعنف ويتركب الحطام الصخري من مواد تختلف في أحجامها منها الكتل الصخرية، والقذائف والجمرات، والرمل والغبار البركاني.



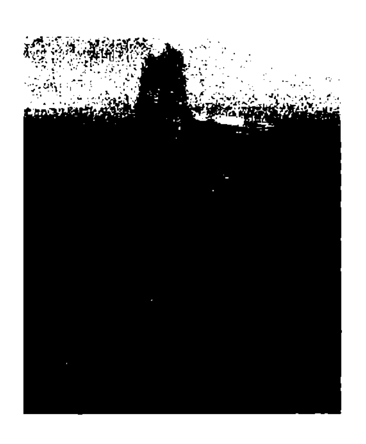
**2. الغازات:**

تخرج من البراكين أثناء نشاطها غازات بخار الماء، وهو ينبثق بكميات عظيمة مكونا لسحب هائلة يختلط معه فيها الغبار والغازات الأخرى. وتتكاثف هذه

الأبخرة مسببة لأمطار غزيرة تتساقط في محيط البركان. ويصاحب الانفجارات وسقوط الأمطار حدوث أضواء كهربائية تنشأ من احتكاك حبيبات الرماد البركاني ببعضها ونتيجة للاضطرابات الجوية، وعدا الأبخرة المائية الشديدة الحرارة، ينفث البركان غازات متعددة أهمها الهيدروجين والكلورين والكبريت والنتروجين والكربون والأوكسجين.



3. اللافا:



هي كتل سائلة تلفظها البراكين، وتبلغ درجة حرارتها بين 1000 م و1200م. وتنبثق اللافا من فوهة البركان، كما تطفح من خلال الشقوق والكسور في جوانب المخروط البركاني، تلك الكسور التي تنشئها الانفجارات وضغط كتل

الصهير، وتتوقف طبيعة اللافا ومظهرها على التركيب الكيماوي لكتل الصهير الذي تنبعث منه وهي نوعان:

أ. لافا خفيفة فاتحة اللون:

وهذه تتميز بعظم لزوجتها، ومن ثم فإنها بطيئة التدفق ومثلها اللافا التي انبثقت من بركان بيلي (في جزر المرتنيك في البحر الكاريبي) عام 1902 فقد كانت كثيفة لزجة لدرجة أنها لم تقو على التحرك، وأخذت تتراكم وترتفع مكونة لبرج فوق الفوهة بلغ ارتفاعه نحو 300 م، ثم ما لبث بعد ذلك ان تكسر وتحطم نتيجة للانفجارات التي أحدثها خروج الغازات.

ب. لافا ثقيلة داكنة اللون:

وهي لافا بازلتية، وتتميز بأنها سائلة ومتحركة لدرجة كبيرة، وتنساب في شكل مجاري على منحدرات البركان، وحين تنبثق هذه اللافا من خلال كسور عظيمة الامتداد فإنها تنتشر فوق مساحات هائلة مكونة لهضاب فسيحة، ومثلها هضبة الحبشة وهضبة الدكن بالهند وهضبة كولومبيا بأمريكا الشمالية.

اشكال البراكين:

1. براكين الحطام الصخري:

يختلف شكل المخروط البركاني باختلاف المواد التي يتركب منها. فإذا كان المخروط يتركب كلية من الحطام الصخري، فإننا نجده مرتفعا شديد الانحدار بالنسبة للمساحة التي تشغلها قاعدته. وهنا نجد درجة الانحدار تبلغ 30 درجة وقد تصل أحيانا إلى 40 درجة مئوية وتنشأ هذه الأشكال عادة نتيجة لانفجارات بركانية. وتتمثل في جزر إندونيسيا.

### 2. البراكين الهضبية:

وتنشأ نتيجة لخروج اللافا وتراكمها حول فوهة رئيسية ولهذا تبدو قليلة الارتفاع بالنسبة للمساحة الكبيرة التي تشغلها قواعدها. وتبدو قممها أشبه بهضاب محدبة تحدبا هينا ومن هنا جاءت تسميتها بالبراكين الهضبية وقد نشأت هذه المخاريط من تدفق مصهورات اللافا الشديدة الحرارة والعظيمة السيولة والتي انتشرت فوق مساحات واسعة وتتمثل هذه البراكين الهضبية أحسن تمثيل في براكين جزر هاواي كبركان مونالوا الذي يبلغ ارتفاعه 4100 م وهو يبدو اشبه بقبة فسيحة تنحدر انحداراً سهلاً هينا.

### 3. البراكين الطباقية:

البراكين الطباقية نوع شائع الوجود، وهي في شكلها وسط النمطين السابقين وتتركب مخروطاتها من مواد الحطام الصخري ومن تدفقات اللافا التي يخرجها البركان حين يهدأ ثورانه. وتكون اللوافظ التي تخرج من البركان أثناء الانفجارات المتتابعة طبقات بعضها فوق بعض، ويتألف قسم منها من مواد خشنة وقسم آخر من مواد دقيقة، وبين هذا وذاك تتداخل اللافا في هيئة أشرطة قليلة السمك. ومن هذا ينشأ نوع من الطباقية في تركيب المخروط ويمثل هذا الشكل بركان مايون أكثر براكين جزر الفليبين نشاطا في الوقت الحاضر.

### التوزيع الجغرافي للبراكين:

تنتشر البراكين فوق نطاقات طويلة على سطح الأرض أظهرها:

1. النطاق الذي يحيط بسواحل المحيط الهادي والذي يعرف احيانا بحلقة النار، فهو يمتد على السواحل الشرقية من ذلك المحيط فوق مرتفعات الأنديز إلى امريكا الوسطى والمكسيك، وفوق مرتفعات غربي امريكا الشمالية إلى جزر

الوشيان ومنها إلى سواحل شرق قارة آسيا إلى جزر اليابان والفلبيين ثم إندونيسيا ونيوزيلندا.

2. يوجد الكثير من البراكين في المحيط الهادي نفسه وبعضها ضخم عظ في قاعه وظهر شامخا فوق مستوى مياهه. ومنها براكين جزر هاواي الن قواعدها في المحيط على عمق نحو 5000م، وترتفع فوق سطح مياهه ا 4000 م وبذلك يصل ارتفاعها الكلي من قاع المحيط إلى قممها نحو 0
3. جنوب أوربا المطل على البحر المتوسط والجزر المتاخمة له. وأشهر الـ النشطة هنا فيزوف قرب نابولي بإيطاليا، وأتنا بجزر صقلية وأستر (منارة البحر المتوسط) في جزر ليباري.
4. مرتفعات غربي آسيا وأشهر براكينها أرارات واليوزنز.
5. النطاق الشرقي من أفريقيا وأشهر براكينه كلمنجارو.

آثار البراكين:

1. في تشكيل سطح الأرض:

نستطيع مما سلف أن نتبين آثار البراكين في تشكيل سطح الكرة فهي تنشأ الجبال الشامخة والهضاب الفسيحة. وحين تخمد تنشأ في فوهاتها البحيرات في الجهات المطيرة.

2. في النشاط البشري:

من الغريب أن الإنسان لم يعزف السكنى بجوار البراكين حتى يكو من أخطارها، إذ نجده يقطن بالقرب منها، بل وعلى منحدراتها أيضا. ف فيزوف تحيط به القرى والمدن وتغطيه حدائق الفاكهة وبساتين الكروم و تنتشر على جوانبه حتى قرب قمته. وتقوم الزراعة أيضا على منحدرات (اتنا) في جزيرة صقلية حتى ارتفاع 1200 م في تربة خصيبة تتكون من الأسود الذي تدفق فوق المنطقة أثناء العصور التاريخية.

وهذه البراكين لا ترحم إذ تثور من وقت لآخر فتدمر قرية أو أخرى ويمكن للسائر على طول الطريق الرئيسي فوق السفوح السفلى من بركان أثنا وعند نهاية تدفقات اللافا المتدفقة وهي شواهد أبدية تشير إلى الخطر الدائم المحدق بالمنطقة.

وتشتهر جزيرة جاوه ببراكينها الثائرة النشطة وبراكينها تفوق في الواقع كل براكين العالم في كمية الطفوح واللوافظ التي انبثقت منها منذ عام 1500 م ومع هذا نجد الجزيرة تغص بالسكان، فهي أكثف جهات العالم الزراعية سكانا بالنسبة لمساحتها ويسكنها نحو 75 مليون شخص ويرجع ذلك كما أسلفنا إلى خصوبة التربة البركانية، وقد انشئت بها مصلحة للبراكين وظيفتها التنبؤ بحدوث الانفجارات البركانية وتحذير السكان قبل ثورانات البراكين مما يقلل من أخطار وقوعها.

## الزلازل:

### تعريف الزلازل:

· الزلازل هي اهتزازات مفاجئة تصيب القشرة الأرضية عندما تنفجر الصخور التي كانت تتعرض لعملية تمدد، وقد تكون هذه الاهتزازات غير كبيرة بل وتكاد تلاحظ بالكاد وقد تكون مدمرة على نحو شديد.



**كيف تتكون الزلازل؟**

أثناء عملية الاهتزاز التي تصيب القشرة الأرضية تتولد ستة أنواع من موجات الصدمات، من بينها اثنتان تتعلقان بجسم الأرض حيث تؤثران على الجزء الداخلي من الأرض بينما الأربعة موجات الأخرى تكون موجات سطحية، ويمكن التفرقة بين هذه الموجات أيضا من خلال أنواع الحركات التي تؤثر فيها على جزيئات الصخور، حيث ترسل الموجات الأولية أو موجات الضغط جزيئات تتذبذب جيئة وذهابا في نفس اتجاه سير هذه الأمواج، بينما تنقل الأمواج الثانوية أو المستعرضة اهتزازات عمودية على اتجاه سيرها.

وعادة ما تنتقل الموجات الأولية بسرعة أكبر من الموجات الثانوية، ومن ثم فعندما يحدث زلزال، فإن أول موجات تصل وتسجل في محطات البحث الجيوفيزيقية في كل أنحاء العالم هي الموجات الأولية.

**أنواع الزلازل:**

يعرف الجيولجيون ثلاثة أنواع عامة من الزلازل هي:

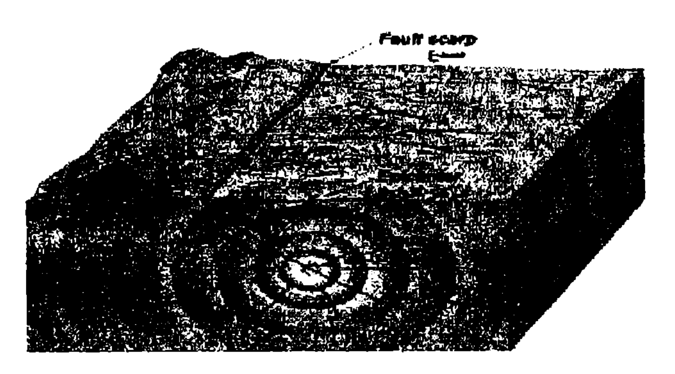
- الزلازل التكتونية.
- الزلازل البركانية.
- الزلازل المنتجة صناعيا.

**الزلازل التكتونية:**

تعتبر الزلازل التكتونية أكثر الأنواع تدميرا وهي تمثل صعوبة خاصة للعلماء الذين يحاولون تطوير وسائل للتنبؤ بها. والسبب الأساسي لهذه الزلازل التكتونية هو ضغوط تنتج من حركة الطبقات الكبرى والصغرى التي تشكل القشرة الأرضية والتي يبلغ عددها اثنتي عشر طبقة. وتحدث معظم هذه الزلازل

على حدود هذه الطبقات في مناطق تنزلق فيها بعض الطبقات على البعض الآخر او تنزلق تحتها. وهذه الزلازل التي يحدث فيها مثل هذا الانزلاق هي السبب في حوالي نصف الحوادث الزلزالية المدمرة التي تحدث في العالم وحوالي 75 في المائة من الطاقة الزلزالية للأرض.

وتتركز هذه الزلازل في المنطقة المسمى "دائرة النار" وهي عبارة عن حزام ضيق يبلغ طوله حوالي (38.600) كم يتلاقى مع حدود المحيط الهادي. وتوجد النقاط التي تحدث فيها انفجارات القشرة الأرضية في مثل هذه الزلازل في أجزاء بعيدة تحت سطح الأرض عند اعماق تصل إلى (645) كم. ومن الأمثلة على هذا النوع من الزلازل زلزال الاسكا المدمر الذي يسمى "جود فرايداي" والذي وقع عام 1383 هـ / 1964 م.




وقد تقع الزلازل التكتونية أيضا خارج منطقة "دائرة النار" في عدة بيئات جيولوجية مختلفة، حيث تعتبر سلاسل الجبال الواقعة في وسط المحيط موقعا للعديد من مثل هذه الأحداث الزلزالية ذات الحدة المعتدلة وتحدث هذه الزلازل على أعماق ضحلة نسبيا. ونادرا ما يشعر بهذه الزلازل أي شخص وهي السبب في حوالي 5 في المائة من الطاقة الزلزالية للأرض ولكنها تسجل يوميا في وثائق الشبكة الدولية للمحطات الزلزالية.

وتوجد بيئة أخرى عرضة للزلازل التكتونية وهي تمتد عبر البحر المتوسط وبحر قزوين حتى جبال الهيمالايا وتنتهي عند خليج البنغال. وتمثل في هذه المنطقة حوالي 15 ٪ من طاقة الأرض الزلزالية حيث تتجمع كتل ارضية بصفة مستمرة من كل من الطبقات الأوربية والأسيوية والأفريقية والأسترالية تنتهي بوجود سلاسل جبلية صغيرة ومرتفعة. وقد أدت الزلازل الناتجة من هذه التحركات إلى تدمير أجزاء من البرتغال والجزائر والمغرب وإيطاليا واليونان ويوغوسلافيا ومقدونيا وتركيا وإيران في حوادث عدة. ومن بين الأنواع الأخرى للزلازل التكتونية تلك الزلازل الضخمة المدمرة التي لا تقع بصورة متكررة، وهذه تحدث في مناطق بعيدة عن تلك التي يوجد بها نشاط تكتوني.

**الزلازل البركانية:**

اما أنواع الزلازل غير التكتونية، وهي الزلازل ذات الأصول البركانية فنادرا ما تكون ضخمة ومدمرة. ولهذا النوع من الزلازل اهميته لأنه غالبا ما ينذر بقرب انفجارات بركانية وشيكة. وتنشأ هذه الزلازل عندما تأخذ الصهارة طريقها لأعلى حيث تملأ التجويفات التي تقع تحت البركان. وعندما تنتفخ جوانب وقمة البركان وتبدأ في الميل والانحدار، فإن سلسلة من الزلازل الصغيرة قد تكون نذيرا بانفجار الصخور البركانية. فقد يسجل مقياس الزلازل حوالي مائة هزة أرضية صغيرة قبل وقوع الانفجار.

**الزلازل المنتجة صناعياً:**

أما النوع الثالث من الزلازل فهو الذي يكون الإنسان سببا فيه من خلال عدة أنشطة يقوم بها مثل ملء خزانات أو مستودعات جديدة أو الإنفجارات النووية تحت الأرض أو ضخ سوائل إلى الأرض عبر الآبار.

آثار الزلازل:



وللزلازل آثار مدمرة تختلف تأثيراتها حسب قوتها فقد تسبب الزلازل خسائر كبيرة في الأرواح حيث تدمر المباني والكباري والسدود، كما قد تؤدي إلى انهيارات صخرية مدمرة. ومن بين الآثار المدمرة الأخرى للزلازل أنها تتسبب في ما يسمى بموجات المد والجزر. وحيث أن مثل هذه الأمواج لا تتعلق بالجزر، فإنها تسمى أمواج بحرية زلزالية.

طبيعة الزلازل وأسبابها قديماً:

ولقد شغلت طبيعة الزلازل أذهان الناس الذين يعيشون في مناطق معرضة للهزات الأرضية منذ أقدم الأزمنة. حيث أرجع بعض فلاسفة اليونان القدماء الهزات الأرضية إلى رياح تحت خفية بينما أرجعها البعض الآخر إلى نيران في أعماق الأرض. وحوالي عام 130 ميلادية، كان العالم الصيني تشانج هينج يعتقد بأن الأمواج التي تأتي من الأرض قادمة من مصدر للزلازل، ومن ثم فقد قام بعمل وعاء برونزي محكم لتسجيل مرور مثل هذه الموجات. وقد تم تثبيت ثماني كرات في أفواه ثماني تنينات قد وضعت حول محيط الوعاء، حيث أن أية موجة زلزالية سوف تؤدي إلى سقوط كرة واحدة أو أكثر.

**اول وصف علمي لطبيعة الزلازل:**

اول وصف علمي لأسباب حدوث الزلازل فكان على يد العلماء المسلمين في القرن الرابع الهجري / العاشر الميلادي. فيذكر ابن سينا في كتابه عيون الحكمة وصف الزلازل واسباب حدوثها وانواعها ما قوله: "حركة تعرض لجزء من اجزاء الأرض بسبب ما تحته ولا محالة أن ذلك السبب يعرض له ان يتحرك ثم يحرك ما فوقه، والجسم الذي يمكن ان يتحرك تحت الأرض إما جسم بخاري دخاني قوي الاندفاع كالريح، وإما جسم مائي سيال، وإما جسم هوائي، وإما جسم ناري، وإما جسم أرضي. والجسم الأرضي لا تعرض له الحركة أيضا إلا لسبب مثل السبب الذي عرض لهذا الجسم الأرضي فيكون السبب الأول الفاعل للزلزلة ذلك، فأما الجسم الريحي، ناريا كان او غير ناري فإنه يجب أن يكون هو المنبعث تحت الأرض، الموجب لتمويج الأرض في أكثر الأمر".

ويضيف ابن سينا مستعرضا الظواهر المصاحبة لها فيذكر في كتابه النجاة: "وربما احتبست الأبخرة في داخل الأرض فتميل إلى جهة فتبرد بها فتستحيل ماء فيستمد مددا "متدافقا" فلا تسعه الأرض فتنشق فيصعد عيونا وربما لم تدعها السخونة تتكثف فتصير ماء وكثرت عن أن تتحلل وغلظت عن أن تنفذ في مجار مستحفصة وكانت تتكثف اشد استحصافا عن مجار اخرى فاجتمعت ولم يمكنها ان تثور خارجة زلزلت الأرض وأولى بها ان يزلزلها الدخان الريحي، وربما اشتدت الزلزلة فخسفت الأرض، وربما حدث في حركتها دوي كما يكون من تموج الهواء في الدخان. وربما حدثت الزلزلة من أشياء عالية في باطن الأرض فيموج بها الهواء المحتقن فيزلزل الأرض وربما تبع الزلزلة نبوع عيون".

ولقد أورد ابن سينا تصورا لأماكن حدوث الزلازل فذكر: "وأكثر ما تكون الزلزلة في بلاد متخلخلة غور الأرض متكاثفة وجهها، أو مغمورة الوجه بماء". وهو ما يتفق مع ما توصل إليه العلماء الآن أن مناطق حدوث الزلازل تكون في مناطق الضعف في القشرة الأرضية حيث يتم حركة الصخور على سطحها، وتسمح بخروج

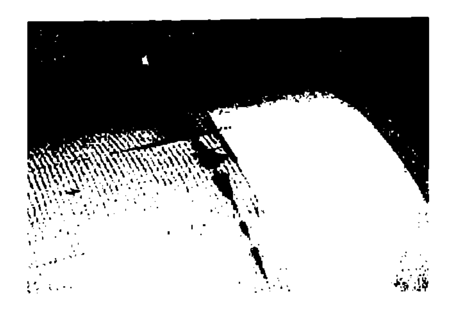
الغازات. ويصف ابن سينا انواع الزلازل فيقول: "منها ما يكون على الاستقامة إلى فوق، ومنها ما يكون مع ميل إلى جهة، ولم تكن جهات الزلزلة متفقة، بل كان من الزلازل رجفية، ما يتخيل معها أن الأرض تقذف إلى فوق، ومنها ما تكون اختلاجية عرضية رعشية، ومنها ما تكون مائلة إلى القطرين ويسمى القطقط، وما كان منه مع ذهابه في العرض يذهب في الارتفاع ايضا يسمى سلميا".

أما السيوطي الذي أورد معلومات تحدد أماكن معظم الزلازل بدقة فقد تحدث في كتابه كشف الصلصلة عن وصف الزلزلة عن شدتها من خلال وصف آثارها التدميرية مثل أوزان الصخور المتساقطة، ومقاييس الشقوق الناتجة عن الزلازل، وعدد المدن والقرى والمساكن المتهدمة، وعدد الصوامع والمآذن المتهدمة، وعدد القتلى. كما وصف السيوطي درجات الزلازل بتعبيرات أشبه ما تكون بالمقاييس الحديثة مثل لطيفة جدا، وعظيمة وهائلة. وقد حدد مدة بقاء الزلزلة مستخدما في ذلك طريقة فريدة فذكر: "دامت الزلزلة بقدر ما يقرأ الإنسان سورة الكهف".

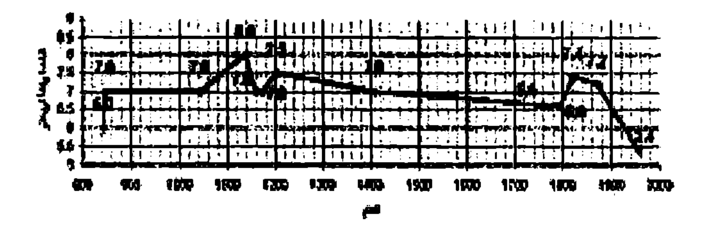
قياس الزلازل:

وقد كانت ملاحظة موجات الزلازل تتم بهذه الطريقة وبعدة طرق أخرى لعدة قرون، وفي الثمانينات من القرن التاسع عشر، تمكن عالم الجيولوجيا الإنجليزي جون ميلن عام – 1913م من اختراع آلة تسجيل زلازل تعتبر رائدة من نوعها الا وهي مقياس الزلازل، وهي عبارة عن بندول بسيط وإبرة معلقة فوق لوح زجاجي. وقد كان هذا المقياس هو أول آلة من نوعها تتيح التفرقة بين موجات الزلازل الأولية والثانوية. أما مقياس الزلازل المعاصر فقد اخترعه في القرن العشرين عالم الزلازل الروسي الأمير بوريس جوليتزين عام 1916م. وقد استخدم في هذه الآلة بندولا مغناطيسيا معلقا بين قطبي مغناطيس كهربائي، وقد كان هذا الاختراع فتحا في أبحاث الزلازل في العصر الحديث.

**مقياس ريختر:**



ثم تمكن علماء الزلازل بعد ذلك من اختراع مقياسين لمساعدتهم في قياس كم الزلازل. أحدهما هو مقياس ريختر نسبة للعالم تشارليز فرانسيس ريختر عام 1985م الذي قام بصنعه. وهو جهاز يقوم ب قياس الطاقة المنبعثة من بؤرة أو مركز الزلزال. وهذا الجهاز عبارة عن مقياس لوغاريتمي من 1 إلى 9، حيث يكون الزلزال الذي قوته 7 درجات اقوى عشر مرات من زلزال قوته 6 درجات، واقوى 100 مرة من زلزال قوته 5 درجات، واقوى 1000 مرة من زلزال قوته 4 درجات وهكذا. ويقدر عدد الزلازل التي يبلغ مقياس قوتها من 5 إلى 6 درجات والتي تحدث سنويا على مستوى العالم حوالي 800 زلزال بينما يقع حوالي 50.000 زلزال تبلغ قوتها من 3 إلى 4 درجات سنويا، كما يقع زلزال واحد سنويا تبلغ قوته من 8 إلى 9 درجات. ومن الناحية النظرية، ليس لمقياس ريختر درجة نهاية محددة ولكن في عام 1979 وقع زلزال قوته 8.5 درجة وساد الاعتقاد بأنه اقوى زلزال يمكن ان يحدث. ومنذ ذلك الحين، مكنت التطورات التي حدثت في تقنيات قياس الزلازل علماء الزلازل من إدخال تعديلات على المقياس حيث يعتقد الآن بأن درجة 9.5 هي الحد العملي للمقياس. وبناء على المقياس الجديد المعدل، تم تعديل قوة زلزال سان فرانسيسكو الذي وقع عام 1906 من 8.3 إلى 7.9 درجة بينما زادت قوة زلزال الاسكا الذي وقع عام 1964 م من 8.4 إلى 9.2 درجة.



أما المقياس الآخر وهو اختراع العالم الإيطالي جيوسيب ميركالي عام 1914 ويقيس قوة الاهتزاز بدرجات من I حتى XII. وحيث ان تأثيرات الزلزال تقل بالبعد عن مركز الزلزال، فتعتمد درجات ميركالي المخصصة لقياس الزلازل على الموقع الذي يتم فيه القياس. فمثلا تعتبر الدرجة 1 زلزال يشعر به عدد قليل جدا من الناس بينما تعتبر الدرجة XII زلزالا مدمرا يؤدي إلى إحداث دمار شامل. أما درجات القوة II إلى III فتعادل زلزالا قوته من 3 إلى 4 درجات بمقياس ريختر، بينما تعادل الدرجات من XI إلى XII بمقياس ميركالي زلزالا قوته من 8 إلى 9 درجات بمقياس ريختر.

## كيف تحدث الزلازل؟

الزلازل من اكثر الظواهر الطبيعة المسببة للرعب في حياتنا، فنحن نعتقد بصفة عامة ان الارض التي نقف عليها صلبة ومستقرة تماما، ولكن الزلزال يطيح بهذا الاعتقاد بسرعة فائقة وعنف شديد. وحتى وقت قريب ظل العلماء في حيرة ازاء الزلازل وكيفية حدوثها، غير ان الصورة باتت اليوم اوضح قليلا رغم بعض الغموض، فقد تجمعت معلومات كثيرة خلال القرن المنصرم، وتمكن العلماء من التعرف على القوى التي تسبب الزلازل، وامتلكوا التقنيات التي تحدد احجام الزلازل ومنابعها، ويحاول العلماء التوصل الى طريقة للتنبؤ بالزلازل حتى لا يؤخذ الناس

على غرة.. في هذا المقال سوف نحاول التعرف على مسببات الزلازل ولماذا ينتج عنها كل هذا الدمار الذي نراه.

**اهتزاز الارض:**

الزلزال في الواقع اهتزاز ينتقل عبر قشرة الارض، ويمكننا تشبيهه ببساطة بالاهتزاز الخفيف الذي تشعر به عند مرور مركبة كبيرة في الشارع قريبا من بيتك، ولكن الزلزال يهز مساحة كبيرة قد تشمل مدينة كاملة، وله مسببات عديدة مثل الانفجارات البركانية والاصطدامات النيزكية والانفجارات التي تحدث تحت الارض ووقوع بعض المنشات، مثل المناجم، ولكن معظم الزلازل تسببها حركة الصفائح الارضية.

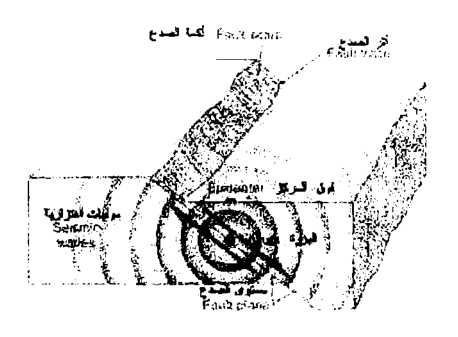
ونحن في العادة نسمع عن الزلازل في الاخبار من حين لاخر، ولكنها في الواقع تحدث كل يوم في كوكبنا، فحسب الادارة الامريكية للمسح الجيولوجي يفوق عدد الزلازل التي تشهدها الكرة الارضية كل عام اكثر من ثلاثة ملايين زلزال، اي حوالي8000 زلزال كل يوم، او بمعدل زلزال واحد كل 11ثانية. وقد دمرت الزلازل كثيرا وقتلت كثيرا، وتشير الاحصاءات الى ان عدد الذين تسببت الزلازل في موتهم خلال القرن الماضي بلغ اكثر من 5.1 مليون شخص. وليس الزلزال وحده هو الذي يقتل، بل ما ينتج عنه ايضا، مثل انهيار المنشات والتسونامي وغيرهما.

**انزلاق الصفائح:**

شهد منتصف القرن الماضي اكبر حدث علمي في مجال علم الزلازل عندما توصل العلماء الى نظرية تكتونية الصفائح التي امكن على اساسها تفسير عدد من الظواهر الغريبة على الارض، مثل الحركة الظاهرية للقارات مع مرور الزمن، وتركز النشاط البركاني في مناطق معينة، ووجود السلاسل الجبلية الضخمة في قيعان المحيطات، وتنص النظرية على ان السطح الخارجي للارض، او القشرة

الارضية، تتكون من عدد من الصفائح التي تنزلق فوق الطبقة التحتية الزيتية، ويمكن حدوث ثلاثة اشياء عند مناطق التقاء هذه الصفائح. فقد تنشطر القشرة الى صفيحتين متباعدتين، وقد تندفع صفيحتان، كل منهما تجاه الاخر، وقد تنزلق صفيحة فوق اخرى، وفي كل هذه الحالات تتكون ما يعرف بالصدوع، وهي شقوق في قشرة الارض تتحرك حولها الكتل الصخرية في كل الاتجاهات، ويشيع حدوث الزلازل على امتداد هذه الصدوع مقارنة باية منطقة اخرى على الكرة الارضية.

**الصدوع:**




هناك انواع متعددة من الصدوع يختلف كل منها عن الاخر حسب اختلاف مستوى الصدع والشق المتكون على الصخر وحركة الكتلتين الصخريتين. وفي كل هذه الانواع من الصدوع تشكل الكتل الصخرية المختلفة ضغطا شديدا على بعضها البعض، مما يولد احتكاكا شديدا بينها، وعندما يبلغ الاحتكاك حدا معينا تتوقف الكتل عن الانزلاق، وتصبح في حالة انحصار، وحينئذ تستمر قوى الصفائح في دفع الصخور، ويزيد ذلك الضغط على الصدع، وكلما ضغطت القوى التكتونية على الكتل المنحصرة تتولد طاقة كامنة، وعندما تتحرك الصفائح في النهاية تتحول هذه الطاقة الكامنة الى طاقة حركية. وتنتج عن بعض حركات الصدوع تغيرات مرئية على سطح الارض، بينما تحدث حركات اخرى في الصخور العميقة ولا تتولد

عنها تمزق في السطح. والشق الابتدائي الذي يولد الصدع، بالاضافة الى الحركات الكثيفة المفاجئة على جانبي الصدوع المتكونة سلفا، هي المصادر الرئيسة للزلازل. وتحدث معظم الزلازل حول السطوح المتقابلة في الصدوع لان هذه المناطق هي المناطق التي يمكن فيها الشعور بالشد الناتج من حركة الصفائح، مكونا بذلك مناطق الصدوع، وهي مجموعات من الصدوع المتصلة بعضها ببعض.

**الموجات الزلزالية:**

يسبب حدوث شق مفاجئ في القشرة الارضية تولد طاقة اشعاعية في شكل موجات زلزالية، وفي كل زلزال هناك انواع مختلفة من الموجات الزلزالية تنقسم بصفة عامة الى موجات جسمية، وهي الموجات التي تتحرك خلال الطبقات الداخلية للارض، والموجات السطحية، وهي التي تتحرك الى سطح الارض وتسبب معظم التدمير التي نشاهده في الزلازل.

هذه فكرة مبسطة عن كيفية حدوث الزلازل ونتمنى ان تسنح لنا الفرصة في عدد لاحق لنتحدث عن كيفية رصد الزلازل والتعامل مع نتائجها.

**عوامل تشكيل سطح الارض:**

**العمليات الخارجية المؤثرة على سطح الأرض:**

إذا كانت الجبال هى النتيجة المباشرة للعمليات الداخلية فإن هناك أيضا عمليات خارجية تؤدى دورا مكملا للعمليات الداخلية في تكوين معالم وظواهر سطح الأرض ولعل الدور الأكبر الذي تؤديه تلك العمليات الخارجية هى إزالة تلك الجبال وجعلها حطاما ونقل هذا الحطام من اماكنه الأصلية إلى أماكن اخرى ثم ترسيبه إياه. ويطلق على هذه العمليات اسم شامل لها وهو التعرية Denudation وتشمل كلا من التجوية weathering والنقل Transportation والترسيب Deposition ولكل منها عوامله ووظائفه ونتائجه.

**أولاً: التجـوية**

والتجوية هى أولى مراحل تلك العمليات الثلاث والتي تنتهى بالترسيب مع الأخذ في الاعتبار انه لا يوجد فاصل بين عملية وأخرى بل إن العمليات الثلاث تتداخل فيما بينهما في معظم الأحيان.

والتجوية – من ناحية اخرى – ليست ظاهرة جيومورفولوجية فحسب بل انها من اكثر الظواهر الجيولوجية اهمية لحياة الإنسان لسبب بسيط للغاية وهو أن التربة الزراعية التي لا يستقيم للنبات الحياة بدونها إنما هى من حصيلة التجوية ونتائجها. كما أن بعض نواتج التجوية هى في الحقيقة الأمر تمثل تجمعاً معدنيا له قيمة اقتصادية في الحياة البشر.

وهو ما سوف نفصله فيما بعد وتنقسم التجوية إلى قسمين:

(أ) تجوية فيزيائية (ميكانيكية Physical Weathering Mechanical):

ويقصد بهذا النوع من التجوية، العمليات الطبيعية التي تؤدي إلى تحطيم الصخر وتفككه إلى فئات وحطام صخري دون المساس بالتركيب الكيميائي ويرادف التجوية الفيزيائية مصطلح التفكك (التفتت Disintegration) .

(ب) التجوية الكيمائية:

وتنشأ عادة من تفاعل الماء ومكونات الهواء الغازية مع المعادن المكونة للصخور فتحول بعض المعادن إلى معادن اخرى.

ويرادف التجوية الكيميائية مصطلح التحلل Decomposition والتجوية الميكانيكية (التفكك) والتجوية الكيميائية (التحلل) تعملان معا في الغالب وربما سادت أحداهما على الأخرى حسب الظروف المناخية وعلى سبيل المثال

فإن التحلل يسود في المناطق الرطبة والدافئة بينما يسود التفكك في المناطق الصحراوية الجافة

## (أ) التجوية الفيزيائية:

إن المهمة الرئيسية للتجوية الفيزيائية هي تفكك الصخر وبالتالي زيادة مساحة سطحه ومن ثم زيادة فاعلية التجوية الكيميائية.

وفيما يلي عرض لأهم عوامل التجوية الميكانيكية:

### 1. التمدد والانكماش الحراري Thermal Expansion and Contraction:

تعتبر الصخور بصفة عامة من المواد الرديئة التوصيل الحرارة ولما كان الصخر – اي صخر – يتكون من عدة معادن وأن لكل معدن خصائصه الحرارية الخاصة به سواء أكانت هذه الخصائص تتعلق بمعامل التمدد أو الحرارة النوعية. فإن تأثير درجات الحرارة يظهر واضحا على الصخور مع البعد الزمني الكبير. فاختلاف درجات الحرارة وهو اختلاف كبير في المناطق الصحراوية بين الليل والنهار الذي قد يصل في بعض الأحيان إلى 35مْ في اليوم الواحد وهناك أيضا الفروق الموسمية بين الفصول المختلفة. كل هذا يؤدي إلى تكرار عملية تمدد المعادن وانكماشها وبالنظر إلى اختلاف معاملات التمدد الحراري للمعادن فإنها تعمل بمرور الزمن على التفكك من بعضها البعض من خلال الضغوط الناتجة من تمدد المعادن بالحرارة مما يؤدي إلى إجهاد Stressالصخر وبالتالي خلخلة المستويات العليا من الصخر وكونا غطاء من الفتات الصخرى. وتعرف هذه العلمية باسم التقشر Exfoliation وعندما يزال هذا الغطاء بفعل الرياح أو المياه الجارية فإن الصخر يصبح معرضا لتكرار نفس التأثير ... وهكذا.

### 2. اثر تجمد المياه Frost Wedging :

كثيرا ما تحتوي الصخور على شقوق وفواصل ومسام صخرية وعندما يتغلغل فيها الماء وبتأثير الحرارة المنخفضة التي تصل إلى ما دون الصفر التي يتجمد فيها الماء وينتج عن تجمد الماء وتحوله إلى جليد زيادة نسبيا في الحجم تصل إلى 10٪ وتسبب هذه الزيادة ضغطا على الشقوق والفواصل والمسام الأمر الذي يؤدي إلى اتساعها وبتكرار عملية التجمد يتفكك الصخر إلى حطام صخري.

ويتضح تأثير تجمد المياه في المناطق الباردة ومنحدرات الجبال حيث تكثر بها الفواصل وتعرف نواتج هذا التأثير بالتالوسTalus وهي رواسب من الفئات الصخرى غير منتظم الأجزاء ويتميز بزواياه الحادة والمتراكم حول سفوح التلال والجروف.

### 3. إزالة الحمل Unloading :

من المعروف أن الصخور في حالة إتزان مع بعضها البعض بمعنى أن الطبقات السفلى من الصخور في حالة إتزان – من حيث الضغط – مع الطبقات التي تعلوها لأن الضغط هنا متجانس في جميع الاتجاهات. فإذا حدث ترسيب بعد ذلك فإن الضغط يزداد على الطبقات السفلى. ولا يحدث لهذه الطبقات اي تشوه ما لم يتعد الضغط الواقع عليها حد المرونة. وكل ما هنالك أنه سوف يحدث تغير في الحجم بحيث تنضغط الطبقات السفلى بتأثير الضغط الناتج من زيادة الحمل. فإذا أزيل هذا الحمل بسبب عمليات التعرية فإنه سوف يحدث إختلال في حالة الاتزان القائمة والتي سادت ما بين الضغط الخارجي (من طبقات الصخور العلوية) والضغط الداخلي المضاد لاتجاه الضغط الخارجي (من طبقات الصخور السفلية).

وكرد فعل لهذا الاختلال في الإتزان فإن الضغط الداخلي سوف يعمل على إعادة الطبقات السفلية – التي تقلص حجمها – إلى حجمها الأصلي الذي كانت عليه قبل زيادة الحمل مما يؤدي إلى تكوين مجموعة من الشقوق والفواصل موازية

للسطح الخارجي للطبقات الصخرية مما يؤدي إلى عملية التقشر ويختلف سمك هذه القشور او الصفائح Sheets من عدة سنتيمترات قرب السطح إلى عدة امتار في الأعماق.

4. تأثير الغلاف الحيوي Biosphere effect :

ويتلخص تأثير الغلاف الحيوى في كل من فعل النبات والحيوان والإنسان. وفيما يلي تفصيل لتأثير كل منهما:

أ. النبات:

عندما يمد النبات جذوره في التربة أو الشقوق والفواصل الصخرية فإنه الحقيقة يزيد من اتساع تلك الشقوق والفواصل كما أن نمو الجذور يؤدي إلى نشوء قوى ضغط شديدة على الصخور فتعمل على تحطيمها.

ب. الحيوان:

إن الكثير من الحيوانات التي تتخذ من اديم الأرض مأوى لها تساهم إلى حد كبير في عمليات التجوية الميكانيكية. فالحيوانات الحافرة Burrowing مثل ديدان الأرض والحيوانات القارضة Rodents كالأرانب والفئران وكذلك النمل الأبيض Termites تعمل على تفتيت المواد الصخرية وجعلها حطاما وفتاتا من السهل بعد ذلك نقلها بفعل عوامل المختلفة.

ج. الإنسان:

إن النشاط الإنساني قد ساهم إلى حد كبير في التجوية الميكانيكية فبناء المدن والمجتمعات السكانية وما يتبعها من شق الطرق قد أدى إلى إزالة ما يعترضه من تلال. كما أن اعمال المناجم والمحاجر وحفر الانفاق قد أدى بالتبعية إلى إزالة الغطاء الصخري في سبيل الوصول إلى مواضع الطبقات الحاملة للخدمات.

ولاشك أيضا أن اقتطاعه احجار البناء قد أدى إلى تعريض أجزاء جديدة من الصخور لتأثير التجوية بشقيها الميكانيكي والكيميائي.

ولا يجب أن نغفل أثر النشاط البشرى في تبديد الموارد الطبيعية كالترب والتحكم في الجريان الطبيعي للأنهار بإقامته السدود الذي ينتج عنها بالتالي إختلاف معدل النحت والترسيب على طول أجزاء المجري النهري.

(ب) التجوية الكيميائية Chemical Weathering:

ومهمتها الأساسية التغيير الكيميائي للمحتوى المعدنى لصخور ولا سيما المعادن القابلة للتغيير والتجوية الكيميائية انشط ما تكون في المناطق الرطبة الدافئة.

ومن أهم عوامل التجوية الكيميائية:

1. الذوبان Dissolution:

على الرغم من قلة المعادن القابلة للذوبان في الماء إلا أن تأثير الذوبان يكون ذا اهمية خاصة في المناطق التي تحوى رواسب وصخورا ملحية (مثل الملح الصخري Rock Salt). غير ان الماء تزداد فاعليته وتأثيره على الصخور إذا اتحد بغاز ثانى أكسيد الكربون مكونا حمض الكربونيك الذي يؤثر على الصخور الجيرية التي تتكون اساسا من معدن الكالسيت (لاتذوب في الماء) إلى بيكربونات كالسيوم $Ca(HCO_3)_2$(تذوب في الماء) ومعنى هذا انتقال المادة الصخرية إلى محلول مائي تاركه مكانها فراغات وفجوات وقد تكون باستمرار عملية الذوبان مجارى وذوبان وكهوف ومغارات.

2. التميؤ Hydrolysis:

وهي عملية من شأنها اتحاد الماء مع بعض المعادن التي تتكون منها الصخور وينتج عنها ظهور معادن جديدة ذات صفات وخصائص جديدة تماما ومن أشهر الأمثلة الدالة على التميؤ معادن الفلسبار التي ينتج عن اتحادها بالماء تكون معادن طينية Clay Minerals، وبطبيعة الحالة فإن عملية التميؤ التي تحدث للمعادن تكون انشط ما يكون في المناطق الرطبة والاستوائية حيث يقوم الماء بالدور الأساسي فيها.

3. الأكسدة Oxidation:

وهي عملية من شأنها تحويل بعض المعادن إلى معادن أخرى عن طريق اتحاد الأكسجين مع بعض العناصر السريعة الاتحاد به مثل عنصر الحديد وذلك في وجود الماء كعامل مساعدة. مثل تأكسد معدن البيريت إلى الليمونيت وعلى هذا الأساس فإن مركبات الحديدوز في معظم الصخور النارية تتحول إلى مركبات حديديك حيث تنكسر جزئيات السيليكات المعقدة.

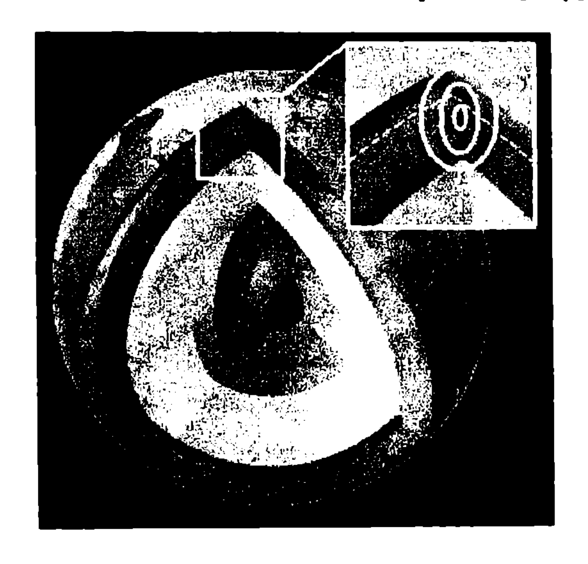
4. التكربن Carbonation:

من المعروف أن غاز ثاني اكسيد الكربون قابل للإتحاد بالماء حيث يكونان معا حمضا ضعيفا هو حمض الكربونيك.

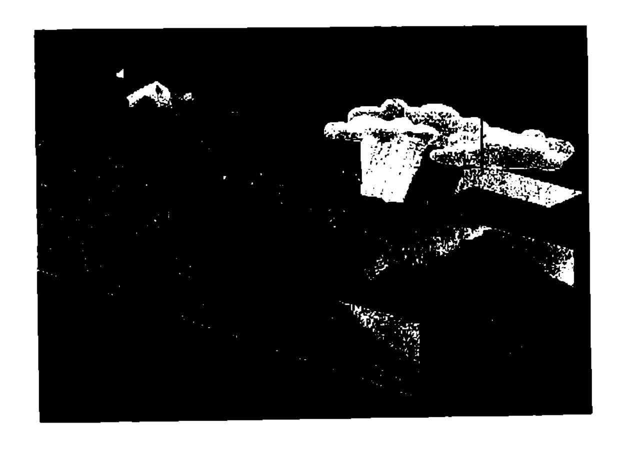
ويتفاعل حمض الكربونيك بدوره مع الصخور الجيرية مكونا بيكربونات الكالسيوم وهى مادة ذائبة. حيث ينشأ عن هذا التكون ظهور الفجوات والكهوف والمغارات في الصخور الجيرية.

**يؤثر في تشكيل سطح الأرض عاملين هما:**

**أ. عوامل باطنية داخلية أي سببها باطن الأرض:**



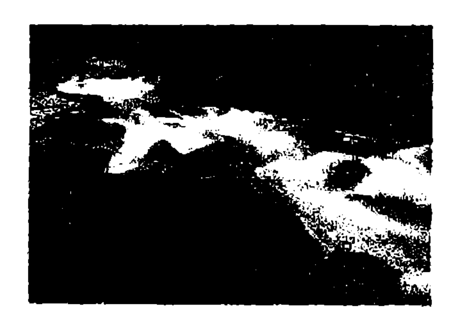

**ب. عوامل ظاهرية خارجية: أي سببها ظاهر الأرض.**



## العوامل الظاهرة المؤثرة في تشكيل سطح الأرض:

لا تقتصر العوامل التي تشكل تضاريس سطح الأرض على العوامل الباطنية التي ذكرناها فحسب، بل إن هناك عوامل أخرى فوق سطح الأرض تعمل هي أيضا على تشكيل التضاريس، وتعرف هذه العوامل باسم العوامل الظاهرية أو عوامل التعرية، وهي المياه والرياح والجليد.

### أولاً: المياه الجارية



تنشأ المياه الجارية على سطح الأرض من سقوط الأمطار على الهضاب والجبال، ويتجمع الجانب الأكبر من مياه الأمطار ليتحول إلى أنهار وسيول تشق طريقها بين الصخور الصلبة وفي الأرض اللينة من منابعها إلى مصباتها. أما الجانب الآخر من مياه الأنهار فيتسرب في مسام سطح الأرض ثم يتفجر على شكل عيون أو يتجمع فتمتلئ به الآبار. لهذا تعتبر الأمطار نعمة من نعم الله الكبرى علينا، لأنها تمد الإنسان والحيوان والنبات بحاجته من الماء العذب.

أما دور الأمطار في تشكيل سطح الأرض فيتمثل في عمل الأنهار والسيول ويتضح هذا فيما يأتي:

1. النحت (الهدم) تقوم مياه الأنهار والسيول أثناءَ جريانها بتفتيت الصخور واقتلاعها من أماكنها ونحت الطبقات التي تجري عليها، وينشأ عن ذلك أشكال تضاريسية متنوعة على سطح الأرض أهمها:

أ. مجرى النهر: وهو الجزء الذي تتجمع فيه مياه النهر وتجري فيه من المنبع إلى المصب.

ب. وادي النهر: وهي الأراضي التي مهدها النهر وسواها قبل أن يتخذ لنفسه مجرى محدداً فيها، ويكون وادي النهر عادة على شكل حرف 7

2. النقل (الحمل): ينقل النهر فتات الصخور التي تفتتها الأمطار وكذلك الفتات التي ينحتها بتياره من مكان لآخر، وتتوقف قدرة النهر على نحت الصخور ونقل فتاتها على سرعة تياره وكمية المياه التي تجري فيه.

3. الإرساب: يرسب النهر ما يحمله من فتات الصخور عندما يضعف تياره وتهدأ سرعته، ويزداد الإرساب عند مصبه حيث تضعف لسرعته تماما. وينشأ عن الإرساب السهول ذات التربة الخصبة على جانبي النهر.



والدلتا: وهي أرض تنشأ نتيجة استمرار إرساب النهر عند مصبه في بحر أو بحيرة خلال سنوات طويلة مثل دلتا نهر النيل وتنتشر مجاري الوديان الجافة في

أنحاء الجزيرة العربية، خاصة في مناطق المرتفعات الغربية، وتتحول هذه الوديان عقب سقوط الأمطار إلى مجارٍ مائية مؤقتة تنحدر شرقًا وغربًا. وقد انشئت السدود على بعض الوديان الهامة للاحتفاظ بمياهها التي تتجمع فيها عقب سقوط الأمطار للاستفادة منها في الزراعة والشرب، مثل سد أبها وسد وادي جيزان وتحمي هذه السدود الأهالي من السيول التي تتلف مزارعهم وتهدم منازلهم وتقضي على مواشيهم.

**النهر كنظام جيومورفولوجي:**

**يتكون النظام النهري من المدخلات والمخرجات وتشمل:**

- مصادر المياه.
- الأمطار.
- الجريان السطحي.
- الجريان تحت السطحي.
- مياه الينابيع.
- المياه من الإنسان.

**مصادر الحمولة أو الرسوبيات:**

- التجوية والنقل علي المنحدرات.
- التعرية في القنوات الن.
- هرية.
- تأثير الإنسان.

**ضوابط العمل النهري**

- الزمن Time

- المناخ Climate
- مستوى القاعدة.
- الصخور Rock

**أنواع النحت النهري:**

- النحت الراسي.
- النحت الجانبي.
- النحت التراجعي أو الصاعد.

**عمليات النحت النهري تتم بواسطة:**

- الفعل الهيدروليكي.
- النحت الميكانيكي.
- الحفر الوعائية.
- الطحن.
- التفريغ الغازي.

**الحمولة النهرية (النقل النهري):**

- الحمولة الذائبة
- الحمولة العالقة
- حمولة القاع (المدفوعة أو المجرور)

**اسباب تباين حجم ونوعية الحمولة النهرية (العوامل التي يتوقف عليها مقدرة النهر على الحمل والنقل.**

- التباين في طاقة النهر.
- سرعة وحجم التصريف.
- الحمولة المتاحة (حجم وكمية المفتتات المتاحة).
- طبيعة الحمولة.
- عمر النهر وحوضه (المرحلة التي يمر بها النهر ومساحة حوضه).

ذة عن طرق قياس كل نوع وعلاقته مع التصريف المائي:

تطع الطولي والعرضي

| المجري المائي | قاع الوادي | جانبا الوادي | اراضى ما بين الأودية |
|---|---|---|---|
| المرحلة النهرية | | | |
| | مرحلة الشباب | مرحلة النضج | مرحلة الشيخوخة |
| S سرعه المياه فالنهر | سريعة | متوسطة | بطيئة |
| انحدار المجري | شديد | متوسطة | خفيف |
| التعرج | مستقيم | متوسطة (بداية ظهور الانحناءات) | شديد |
| العمليات | نحت | تعادل النحت والارساب | ارساب |
| النحت النهري | راسي وصاعد | جانبي: علي الجوانب المحدبة من النهر | جانبي خفيف |
| قاع الوادي | لا يوجد | يبدأ في التكوين | متسع |
| جانب الوادي | تساقط الصخر والانزلاقات الحركة السريعة | تجوية وزحف التربة أودية المنحدرات | تجوية وزحف التربة أودية المنحدرات |

| المجري المائي | قاع الوادي | جانبا الوادي | أراضى ما بين الأودية |
|---|---|---|---|
| الحفر الوعائية | تظهر بشدة | متوسطة الظهور | لا تظهر |
| الحمولة النهرية | القاع | المحمولة+القاع متوسطة | المحمولة + الذائبة |
| القطاع الطولي | غير مسوي | متوسط | مسوي |
| نقط التجديد | تظهر بشدة | متوسطة الظهور | لا تظهرإلا في حالةالتجديد |
| الشلالات | تظهر بشدة | متوسطة الظهور | لا تظهر الا في حالة التجديد |
| الجنادل | تظهر بشدة | متوسطة الظهور | لا تظهر إلا في حالة التجديد |
| ظهور الانحناءات | ثنيات الشباب | بداية ظهور الانحناءات النهرية | اكتمال ظهور الانحناءات النهرية |
| المقطع العرضي وشكل القناة | V ضيقة | V مفتوحة | U متسعة |
| الانهيارات الأرضية | تظهر بشدة | متوسطة | نادرة الحدوث |
| أراضى ما بين الأودية | منبسطة (مستوية) قليلة التقطع | أعراف شبه حادة شديدة التقطع | أراضي سهلية قليلة الارتفاع تحتفظ بأعلام السهل التحاتى |

| الأسر النهري | يظهر | لا | لا |
|---|---|---|---|
| الروافد | قد تشكل أودية معلقة | التقاء عادي | التقاء عادي |
| السهول الفيضية | معدومة | بداية تكوينها | الظهور الجلي |
| البحيرات المقتطعة | معدومة | بداية تكوينها | الظهور الجلي |
| الجسور الطبيعية | معدومة | بداية تكوينها | الظهور الجلي |
| مناطق تقسيم المياه | متسعة (بحيرات ومستنقعات) | ضيقة (أعراف) | متسعة وقليلة الارتفاع |
| عدد الأنهار | كثيرة | متوسطة | قليل |
| طول الأودية | قصيرة | متوسطة | طويلة |

ل النهر:

طاع الطولي Longitudinal profiles:

باب وعوامل تكوينها:

التكوين الصخري.

التغيرات المناخية.

الارساب الجليدي.

زيادة حجم التصريف المائي بين الأنهار الرئيسية والروافد.

الأسر النهري.

ينابيع.

صدوع متعامدة علي المجري المائي.

حركات تكتو نية (رفع المنابع او هبوط في اتجاه المصب).

**يعتمد معدل تطورها وتراجعها على:**

- البعد عن مستوى القاعدة المحلي والعام.
- التكوين الصخري.
- كمية التصريف المائي.

**المساقط النهرية (الشلالات):**

- تعريف واسباب الحدوث أو التكوين.
- التباين الصخري أفقي او راسي.
- الانحدار الأصلي مثل حافة هضبة.
- حركات الرفع (الإزاحة).
- رواسب داخل القناة مثل التعرية الجليدية.
- الجنادل والمسارع.

**مرحلة التوازن:**

**توازن المقطع الطولي: يتأثر بي:-**

- البنية الجيولوجية.
- تغير مستوي القاعدة.

**العوامل التي تودي إلى مرحلة عدم التوازن (نفسها التي تودي إلى نقط التجديد):**

- **القطاع العرضي:**

اختلاف شكل المقطع العرضي يرجع إلى اختلاف العمليات الجيومورفولوجية واختلاف التكوينات الصخرية على جانبي المجري.

❖ حرف V :

نحت جانبي وتراجع المنحدرات.

نحت جانبي: يتأثر بـ:

- التضرس
- المناخ
- النوع والبنية الصخرية
- انخفاض مستوى القاعدة

❖ المصاطب النهرية:

انواعها:

- تقسيم حسب المظهر:

1. منفردة او مزدوجة.
2. منتظمة او غير منتظمة.

اسباب تكونها:

- تكتوني.
- التكوين الصخري.
- تأثر الوادي بإحدى عوامل التعرية في فترات سابقة.
- اختلاف الظروف المناخية في عصر البليوسين.

خصائصها:

- الانحدار العام في اتجاه المصب وفي اتجاه النهر.
- خصائص التكوينات السطحية.
- العلاقة بين التكوينات السطحية والتكوين الصخري.

- عدم انتظام المقطع العرضي يرجع.
- اختلاف عمليات النحت علي جانبي النهر خاصة في مناطق الانحناءات النهرية.
- تعاقب التكوين الجيولوجي مختلف الصلابة.
- إذا تمشي النهر مع خط انكسار.
- اتجاه المنحدرات ومن ثم اختلاف الظروف المناخية علي جانبي النهر.

**مظاهر الإرساب النهري River deposition:**

- المراوح الفيضية Alluvial fans.
- السهل الفيضي Flood plain.
- الجسور الارسابية Natural levees.
- البحيرات المقتطعة Ox– bow lakes.
- الدلتاوات Deltas.
- المجاري المتشعبة.

**ثانيا: الرياح:-**



ان الكرة الأرضية يحيط بها غلاف غازي من الهواء. ويعرف الهواء وهو في حالة سكون الجو، وإذا تحرك الهواء من مكان لآخر عُرف باسم الرياح.

وتعتبر الرياح أهم العواملِ الظاهرية التي تشكل السطح في المناطق الصحراوية لجفافها وتشقق صخورها بسبب تمددها نهاراً وانكماشها ليلاً، وفيما يلي عمل الرياح فيها:

1. النحت: تنحت الرياح الصخور في الصحاري بواسطة الرمال العالقة بها والتي تكون المعاول التي تساعدها على النحت، وكلما زادت سرعة الرياح كلما زادت قدرتها على النحت. ويزداد نحت الرياح في الطبقات السفلى من الصخور على الطبقات العليا بسبب كثرة ما تحمله من رمال لتساعدها على النحت إلى جانب انها تكون أسرع في الطبقات السفلية عن الطبقات العلوية، وينشأ عن نحت الرياح ما يلي:

أ. تسوية سطح الأرض من اي مرتفعات، وذلك بسبب نحت الأجزاء المرتفعة حتى تصبح في مستوى ما يجاورها.

ب. تكوين الموائد الصحراوية حينما تكون الطبقات العليا للصخور أشد صلابة وأكثر مقاومة للنحت بينما تكون الطبقات السفلى لينة تساعد الرياح على نحتها، انظر (شكل 24)

2. النقل: تنقل الرياح الرواسب الصحراوية من مكان إلى مكان آخر، وتتوقف قدرتها على النقل على سرعتها، فإذا كانت الرياح سريعة فإنها تدفع الحصى امامها وتحمل الرمال تاركة الصخر عاريًا وينشأ عن ذلك تكوين الصحاري الصخرية. أما إذا كانت الرياح ضعيفة فإنها لا تحمل سوى الأتربة الناعمة وتترك الحصى والرمال وينشأ عن ذلك تكوين الصحاري الحصوية والرملية.



شكل (24)

نحت الرياح من صخور الصحراء وتكوين الموائد الصحراوية

3. الإرساب: ترسب الرياح ما تحمله من رمال وأتربة إذا ما ضعفت قوتها فجأة وعجزت عن حمل حمولتها، أو إذا اعترضها عائق (من كتل صخرية أو نباتات) يجعلها تلقي بحمولتها وتكومها عليه. وأهم ظاهرات التضاريس التي تنشأ عن إرساب الرياح: الكثبان الرملية الصحراوية والساحلية، وهي أكوام من الرمال يختلف شكلها تبعا لاتجاه رياح، فهي تكون هلالية إذا كانت الرياح تهب بانتظام من اتجاه واحد، وتكون بيضاوية أو دائرية إذا كانت الرياح غير منتظمة في هبوبها.

**الكثبان الرملية في الصحراء:**

والكثبان الرملية لا تبقى مستقرة في أماكنها بل تكون في حركة دائمة مع الرياح إذا ما كانت غير متماسكة، وتحرك الكثبان الرملية فيه خطر على سكان الصحراء لأنها قد تردم الآبار وتطمر الواحات والوديان الزراعية أو تقلل من خصوبتها، ولذلك يعمل السكان على وقف زحفها وتثبيتها بزراعة الأشجار والنباتات عليها، كما تمنع الحكومات قطع الأشجار والنباتات في المناطق المعرضة للتعرية.

**ثالثا: الجليد:-**



يتساقط الثلج في المناطق الباردة في أقصى شمال قارات آسيا واوروبا وامريكا الشمالية وفي القارة القطبية الجنوبية وعلى قمم الجبال والهضاب العالية، وتتراكم الثلوج عاما بعد عام حتى يتكون منها في النهاية مسطحات عظيمة من الجليد يصل سمكها في بعض الأحيان مئات الأمتار. ويؤثر الجليد في تشكيل سطح الأرض، وفيما يلي أشكال الجليد في الطبيعة وأثرها في تشكيل السطح.

1. الغطاءات الجليدية: وهي مساحات واسعة من الأرض يغطيها الجليد بسمك كبير مثل القارة القطبية الجنوبية.
2. الحقول الجليدية: وهي قمم المرتفعات التي يتجمع فيها الثلج وتخرج منها السنة من الجليد تعرف بالأنهار الجليدية.
3. الأنهار الجليدية: وهي السنة الجليد التي تخرج من الحقول الجليدية وتنحدر على سفوح المرتفعات على شكل مجارٍ من الجليد، وتتميز بقصرها إذ إن طولها لا يزيد على ثلاثة كيلومترات في أغلب الأحيان، كما تتميز باستقامتها وبطء سرعتها لأن الجليد جسم صلب، وتبلغ سرعتها في المتوسط 10 امتار في اليوم الواحد.

ومن الملاحظ على الأنهار الجليدية أنها تقصر في الصيف عما كانت عليه في الشتاء بسبب ذوبان الجليد، كما أن الجليد المتراكم على قمم المرتفعات حين ينصهر في الربيع او الصيف يكون مصدرا لفيضان الأنهار. وللأنهار الجليدية تأثير في تشكيل سطح الأرض بما تحدثه من أودية نحتها الجليد او خلجان ضيقة مستطيلة على الشواطئ أو ركامات من الصخور رسبها الجليد وتركها عندما ذاب.

يعتبر الثلج مظهراً من مظاهر التساقط، شأنه في ذلك شأن الأمطار. وهو عبارة عن بلورات متطايرة على شكل شظايا رقيقة تشبه زغب القطن، ويستاقط بخار الماء بعد تكاثفه على شكل ثلج إذا إنخفضت درجة الحرارة دون نقطة التجمد. وإذا كان تساقط الثلج غزيراً، وإذا ظلت الحرارة دوماً دون نقطة التجمد، فمن المستحيل أن تذوب الثلوج المتراكمة على سطح الأرض، بل يزداد سمكها وتتحول إلى طبقة صلبة من الجليد، لها مظهرها الخاص، كما انها تتحرك فوق سطح الأرض على شكل أنهار جليدية تعمل – كالأنهار – على تغيير سطح الكرة الأرضية وتشكيل تضاريسها.

ويستاقط الثلج في واقع الأمر في العروض المختلفة، ولكنه يتساقط في العروض العليا والقطبية عند مستوى سطح البحر، بينما يتساقط على مناسيب اعلى من سطح البحر بكثير في العروض الدنيا، فهو لا يسقط في العروض المدارية إلا على قمم الجبال الشاهقة حيث تنخفض درجة الحرارة إلى ما دون نقطة التجمد. ويعرف الخط الذي يمثل الحد الأسفل لغطاء ثلجي مستديم على قمم المرتفعات والجبال بخط الثلج الدائم. ولابد بطبيعة الحال من أن يختلف إرتفاع هذا الخط عن سطح البحر في الرعوض المختلفة، فهو في المناطق القطبية يتمشى مع سمتوى البحر، ويقع في جنوب جزيرة جرينلند على منسوب 2000 قدم فوق سطح البحر، ويتراوح إرتفاع هذا الخط في بلاد النرويج ما بين الأربعة آلاف والخمسة آلاف قدم، ويصل إرتفاعه في جبال الألب إلى 9000 قدم، وفي شرق افريقيا إلى حوالي 16.000 قدم. وكثيراً ما يختلف خط الثلج الدائم على جانبي سلسلة جبلية واحدة، إذ يبلغ هذا الخط على منحدرات جبال الهيملايا التي تواجه شبه

الجزيرة الهندية وهي الجوانب المشمسة حوالي 16.000 قدم، بينما لا يزيد إرتفاعه على أربعة آلاف قدم عند السفوح الشمالية لهذه السلسلة الجبلية، وهي السفوح الظلية – التي تتعرض لمؤثرات الكتل الهوائية القطبية الباردة.

حقول الثلج: إذا تراكم الثلج في منطقة حوضية أو في أحد تجاويف قشرة الأرض، فلا بد أن تتحول طبقات الثلج المتجمعة من حالتها الهشة إلى حالة من التجمد والتصلب. وتعرف لاالمنطقة الحوضية حينئذ بالحقل الثلجي (بالفرنسية وتسمى بالألمانية) وتختلف كتل الجيلد التي تتراكم في حقول الثلج عن المياه المتجمدة، في أنها تحتفظ بقدر من الهواء بين جزيئاتها، ولهذا إذا ما تعرض سطح الحقل الثلجي للذوبان في فصل الحرارة العظمى، فلابد أن يتبع هذا تسرب المياه في الفراغات التي توجد بين جزيئات الحقل الثلجي، وتحل محل الهواء فيها، وسرعان ما تتجمد هذه المياه مرة أخرى فتعمل على زيادة تماسك الكتلة الجليدية وتصلبها. وإذا ما عمل قطاع في كتلة جليدية من هذا النوع، يمكننا أن نرى في هذا القطاع نوعاً من الطبقاية الواضحة نستطيع أن نعرف من دراستها سمك طبقة الثلج التي اضيفت في كل سنة من السنين التي تكونت إبانها الكتلة الجليدية.

الأنهار الجليدية:



إذا تميز الحقل الثلجي بإتساعه، وبعظم كميات الثلج التي تاضف إليه سنوياً، تتكون في هذه الحالة السنة من الجليد تنحدر على جوانبه وتتحرك فوق

سطح الأرض حركة محسوسة، وتعرف هذه الألسنة بالأنهار الجليدية، وذلك لأنها تشق لنفسها أودية واضحة الجوانب يملؤها الجليد بدلاً من الماء. ويختلف الجليد الذي يملأ أودية الأنهار الجليدية، عن جليد الحقول الثلجية، إختلافاً واضحاً في خصائصه الطبيعية، إذ بينما جليد الحقول الثلجية بكثرة فراغاته البينية وبمساميته، نجد أن الأنهار الجليدية جليد غير منفذ للمياه، شديد التماسك والصلابة.

وتتحرك الأنهار الجليدية على طول منحدرات الجبال من مصادرها الممثلة في الحقول الثلجية حركة بطيئة، ويلاحظ أن هذه الأنهار تتخير دائماً مناطق الضعف في قشرة الأرض، والتي تتمثل في معظم الأحوال إما في أودية نهرية جفت مياهها، أو على طول خطوط الإنكسار أو على طول الإمتداد المناطق الحدية بين التكوينات الجيولوجية. ويبلغ معدل تحرك الجليد وزحفه زهاء الستين قدماً في اليوم، وقد يصل هذا المعدل إلى أكثر من مائة قدم في اليوم كما هي الحال في الأنهار الجليدية حركة بطيئة للغاية لا تزيد عن قدم واحد في اليوم، وهذا ما تتميز به الأنهار الجليدية الألبية. ويعزى بطء حركة الجليد في الأنهار الجليدية بصفة عامة إلى أن الجليد جسم صلب شديد الإحتكاك بسطح الأرض أثناء حركته. وتكاد تتميز معظم الأنهار الجليدية بقصرها إذ يتراوح طولها بين ميل وعشرة أميال، كما أنها أنهار ضيقة لا يزيد عرضها على المائتي متر بأي حال من الأحوال.

ولا تتحرك كتلة الجليد التي توجد في نهر جليدي، بدرجة واحدة في جميع أجزائها إذ تتميز حركتها ببطئها عند جوانب الوادي وفي قاعه، ولكنها في نفس الوقت أسرع نسبياً في جزئه الأوسط. وقد إختلفت آراء العلماء وتضاربت بصدد تفسير الطريقة التي يتم بها تحرك الجليد، فمن قائل بأن، الإختلاف في السرعة بين الجليد الذي يتحرك عند الجوانب وذلك اذلي يزحف في الوسط، يؤدي إلى حدوث شقوق طولية في الكتلة الجليدية المتحركة هي التي تساعد على زحف الجليد. ولعل أقرب الآراء إلى الصحة ذلك الراي الذي يعزو حركة الأنهار الجليدية إلى ضغط الجليد على قيعان الأودية مما يسبب هبوطاً في درجة ذوبانه، فتتحول بعض

جزيئاته إلى مياه، وتعمل هذه المياه التي تظهر عند قاع النهر الجليدي على تشحيم كتلة الجليد وسهولة تحركها. وتعرف هذه العملية بعملية الذوبان بالضغط. ويظهر مثل هذا الغشاء المائي الرقيق في قاع النهر الجليدي بوضوح كلما إزدادت سرعته، إما لشدة إنحدار الأرض التي يجري عليها أو لعظم الحقل الثلجي الذي يستمد منه جليده.

ومن افضل الذين درسوا موضوع تحرك الجليد العالم السويسري "ديمورسيه " (1942) فهو يرى أن الجليد يخضع هو الآخر في حركته لقوة الجاذبية الأرضية مثله في هذا تماماً كمثل الأنهار أو المياه الجارية، إذ إنه أثناء إنتقاله من المستويات المرتفعة إلى المستويات المنخفضة يؤثر في نحت سطح الأرض إزاء ثقله على قشرتها، ولكنه زيادة عما يؤديه وهو خاضع لقوة جذب الأرض، يستطيع أن يتحرك فوق المرتفعات. ويرجع هذا إلى أن للجليد مرونة واضحة. فإذا صادف الجليد أثناء إنتقاله من السمتويات المرتفعة إلى مناطق منخفضة، عقبة من العقبات نوعاً ما، فإن ضغط الجليد بعضه على بعض يؤثر في مقدمة الجليد المتحرك ويجعلها تعلو زاحفة على هذه العقبة التي تعترضه، حتى إذا بلغ أعلى نقطة في هذه العقبة، إنحدر عليها من جديد. ومعنى هذا أن الجليد في هذه الحالة لا يخضع لقوى الجاذبية الأرضية، وذلك لأنه يستطيع أن يتحرك من أسفل إلى اعلى متأثراً في هذا بقوة الدفع التي تأتيه من الخلف. على أننا نلاحظ أنه إذا كان إنحدار قاع واد من الأودية الجليدية يتميز بأنه من الكفاية بحيث يسمح للجليد الزاحف بالتغلب على التأخر الذي ينجم عن إحتكاكه بسطح الأرض، فإن هذا يعني أن النهر الجليدي في هذه الحالة لن يختلف كثيراً عن النهر العادي.

ومازال موضوع كيفية تحرك الجليد في الأنهار الجليدية رغم هذه الآراء العديدة من الموضوعات التي يكتنفها شئ كبير من الغموض والتي مازال العلماء المتخصصون في الدراسات الجليدية يجاهدون في الكشف عن غوامضها بالدراسة والبحث.

**انواع الكتل الجليدية:**



تظهر الكتل الجليدية التي نشاهدها في مختلف جهات العالم على ثلاث صور رئيسية: فهي إما غطاءات جليدية مستديمة كتلك التي توجد في جزيرة جرينلند وقارة انتاركتيكا، أو كتل جليدية تملأ أودية الأنهار الجليدية، أو انهار جليدية تمتد وتنتشر عند حضيض المرتفعات.

**اولاً: الغطاءات الجليدية:**

وتكسو هذه الغطاءات مساحة شاسعة من سطح الكرة الأرضية، تمثل البقية الباقية من الأراضي الواسعة التي كان يغطيها الجليد البلايستوسيني في الزمن الجيولوجي الرابع، فقد كان الجليد في تلك الفترة يغطي مساحة كبيرة من شمال قارة أمريكا الشمالية تزيد على 4 ملايين ميل مربع، ومساحة اخرى كبيرة في شمال أوروبا تزيد على ميلوني ميل مربع، هذا بالإضافة إلى مناطق أخرى واسعة لم يتمكن العلماء بعد من أن يقدروا مساحتها وتتمثل أكبر هذه المناطق بصفة خاصة في سيبريا. أما أكبر المناطق التي مازالت تكسوها الغطاءات الجليدية فتظهر في الوقت الحالي في قارة انتاركتيكا وفي جزيرة جرينلند.

اما غطاء أنتاركتيكا الجليدي فيغطي كساحة كبيرة من تلك الكتلة القارية تزيد على 3.5 مليون ميل مربع اي تكاد تقرب من مساحة قارة أوروبا

بأجمعها، ويؤلف هذا الغطاء طبقة سميكة قد يزيد سمكها في بعض الجهات على ستة آلاف قدم. وتبرز فوق سطح هذا الغطاء الجليدي في المناطق الساحلية قمم جبلية ناتئة هي التي تعرف بالنواتئ، تفصلها عن بعضها البعض أنهار جليدية تنحدر صوب البحر، وقد تمتد كثيراً في مياهه. وكثيراً ما يمتد الغطاء الجليدي ذاته في مياه البحر لمسافات كبيرة، ككتلة جليدية كبيرة هي التي تعرف بحاجز روس، وذلك لمسافات كبيرة تبلغ بضعة عشرات من الأميال. وتتميز حركة الغطاء الجليدي في انتاركتيكا بأنها حركة متناهية في البطء تتجه من منطقة مركزية صوب الأطراف حتى إذا بلغ الجليد سواحل هذه الكتلة القرية، إمتد فوق سطح الماء لمسافات كبيرة، أو قد يتكسر إلى كتل ضخمة تطفو فوق الماء على شكل جبال جليدية. وقد جابت أنحاء قارة أنتاركتيكا بعثات كشفية عديدة كانت آخرها البعثة النرويجية الإنجليزية السويدية التي قامت بأبحاث ودراسات عديدة فيما بين عامي 1950– 1951 في القطاع النرويجي من القارة، وكان الهدف الرئيسي لهذه البعثة هو معرفة سمك الغطاء الجليدي بإستخدام طريقة إرتداد الصدى الصوتي، وهي طريقة مكنتهم من معرفة طبيعة صخور هذه القارة فقد إتضح أن المناطق الساحلية يتراوح سمك هذا الغطاء ما بين 800، 2500 قدم، كما إتضح كذلك أن سمك هذا الغطاء الجليدي يتزايد تزايداً مطرداً كلما إتجهنا من الساحل إلى الداخل حيث يصل إلى أوج سمكه (اكبر سمك سجل كان 7500 قدم)، ومن النتائج الهامه الأخرى التي وصلت إليها هذه البعثة، أن سطح أرض القارة تحت الغطاء الجليدي السميك يتميز بوعورته المتناهية وكثرة تقطعه بواسطة أودية عميقة تشبه الفيوردات وتفصل بينها حافات فقرية قد تظهر بعض أجزاء منها فوق سطح الغطاء الجليدي على صورة قمم ناتئة.

أما الغطاء الجليدي الذي يغطي جزيرة جرينلند ويكسو ثلاثة أرباع مساحتها الأصلية (تبلغ مساحته حوالي نصف مليون ميل مربع) فتظهر بالقرب من هوامشه بعض القمم الجبلية الناتئة، ولكنها تختفي تماماً في الأصقاع الداخلية الواسعة. ويحد الغطاء الجليدي الجرينلندي حاجز جبلي مرتفع وخصوصاً من

ناحية الغرب حيث يتميز الساحل الغربي للجزيرة بكثرة فيورداته وتعددها، أما على طول الساحل الشرقي، كثيراً ما يمتد الغطاء الجليدي ويتعمق في مياه البحر حيث يظهر على شكل حائط راسي مرتفع (كثيراً ما يسمى مجازاً بسور الصين الجرينلندي). ويبدو الغطاء الجليدي في وسطه على هيئة كتلة قبابية هائلة يزيد إرتفاعها على عشرة الاف قدم فوق سطح البحر. وتظهر فوق هذه الكتلة القبابية أعلى قمم الجزيرة وهي قمة ماون فوريل في الجنوب الشرقي، ويزيد إرتفاعها على 11 الف قدم. وقد كان يظن من قبل ان سمك الغطاء الجليدي في هذه الجزيرة يتراوح بين الفين وسبعة آلاف قدم ولا يزيد بأي حال عن ثمانية الاف قدم، ولكن الأبحاث الحديثة الأخيرة قد دلت على أن مساحات كبيرة من الصخور الأصلية التي يركز عليها الجليد تقع فعلاً دون مستوى سطح البحر بكثير، وهذا يدل على ان الغطاء الجليدي لابد أن يزيد سمكه كثيراً عن ثمانية الاف قدم.

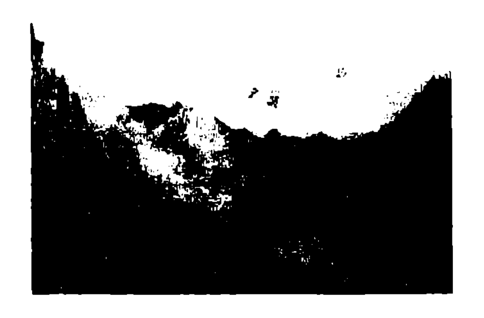



70 meters thinning in 5 years

وتنحدر من كتلة الجليد الوسطى القبابية، بعض أنهار جليدية أهمها نهر همبولت الجليدي، الذي ينحدر صوب الشمال الغربي وينتهي إلى البحر على هيئة مرتفع يصل إتساعه إلى 40 ميلاً. ويبلغ إرتفاعه زهاء الثلاثمائة قدم، وكثيراً ما تنفصل من هذا الحائط الجليدي بعض كتل كبيرة تطفو فوق سطح المحيط الأطلسي وتتجه صوب الجنوب على هيئة جبال جليدية.

وتوجد غطاءات جليدية محدودة المساحة تعرف أحياناً بالهضاب الجليدية، أو الجزر الجليدية، ومن أهمها تلك الغطاءات التي تكسو سطح جزيرة سفالباد أو، وجزيرة نوفايازيمليا، وجزيرة ايسلند. ويغطي الجليد حوالي 8/1 مساحة الجزيرة الأخيرة، ويظهر على شكل غطاءات منفصلة مبعثرة يعرف كل واحد منها باليوكول ويبلغ عددها 37. وأكبر هذه الغطاءات الصغيرة غطاء فاتنا الذي تبلغ مساحته 3300 ميل مربع. وتوجد كذلك في بلاد النرويج غطاءات جليدية أقل مساحة بكثير من الغطاءات الأيسلندية ويعرفها النرويجيون محلياً بالفيلدز وهي تمثل في الواقع مرحلة إنتقالية بين الغطاءات الصغيرة الأيسلندية وبين الأنهار الجليدية التي تنحدر على هيئة ألسنة من أحواض الثلج وحقوله.

ثانياً: الأودية الجليدية:



وتمثل هذه الأودية أهم الظاهرات الجيومورفية التي تتميز بها صورة عامة السلاسل الجبلية الشاهقة التي توجد في مختلف جهات سطح الأرض. وهي – كما ذكرنا من قبل – عبارة عن ألسنة من الجليد تنتشر على جوانب الجبال ومنحدراتها من أحواض تجمع الجليد التي تعلو خط الثلج الدائم حيث تساعد البرودة على تماسك الثلج وتحوله إلى جليد صلب. وتتوقف أحجام هذه الأودية الجليدية وأطوالها على مساحة أحواض تجمع الجليد، وعلى كمية التساقط من الثلج، وعلى درجات الحرارة في المناطق التي تخترقها هذه الأودية. وتظهر نهايات هذه الأودية الجليدية على شكل أودية مقعرة تمتد في المناطق التي يتعادل فيها مقدار ما

يذوب من الجليد (نتيجة إحتكاكها بصخور القشرة وما يتبع هذا من إرتفاع درجة الحرارة وتعرضها للذوبان) مع مقدار ما يجلب إلى النهايات المقعرة من جليد من أحواض التجمع. فإذا ما إرتفعت درجة الحرارة أو قلت كمية الثلج المتساقط على الجزء الأعلى من الوادي فلابد أن يتزايد إزاء هذا مقدار الجليد الذي يتعرض للذوبان، ويتعرض النهر الجليدي في هذه الحالة للإنكماش، ويقال في هذه الحالة أن النهر الجليدي آخذ في التقهقر، وقد إنكمشت معظم الأنهار الجليدية الألبية إنكماشاً ملحوظاً بهذه الطريقة إبان القرن الماضي.

ويمكننا من دراسة نهرألتش الجليدي – الذي ينحدر على جبال الألب في إقليم أن نعرف الشئ الكثير عن خصائص الأنهار الجليدية وأوديتها. إذ يبلغ طول هذا النهر الجليدي عشرة أميال، ويعد أطول الأنهار الجليدية الأوروبية، وفي هذا دليل على أن الأنها رالجليدية في معظم الأحوال أنهار قصيرة ليست ذات شأن كبير. وتتمثل بداية هذا الوادي في مجموعة من الأحواض الثلجية، يحاط كل حوض منها بحاجز من القمم المرتفعه. وأهم هذه الأحواض حوضا يونجفرا ومنش ويتجمع جليد كل هذه الأحواض في حقل ثلجي واسع هو حقل الكونكورديكا بلاتز الذي يعلو فوق سطح البحر بحوالي 9200 قدم، وينحدر من هذا الحقل الواسع لسان من الجليد يتجه صوب الجنوب، يتمثل في نهر ألتش الجليدي الذي تحده من كلا جانبيه حوائط صخرية مرتفعة. ومن أهم الظاهرات الجيومورفية التي يتميز بها وادي النهر الجليدي ما يلي:

1. الهوة الجليدية:

وتوجد هذه الهوة الجليدية على هيئة ثغرة واسعة تفصل لسان الجليد الزاحف على شكل نهر جليدي، عن الحوائط المرتفعة التي تحيط بحوض تجمع الجليد. وتظهر هذه الهوة في المعتاد في الجزء الأعلى من وادي النهر الجليدي، وكثيراً ما يغطي هذه الهوة العميقة معبر رقيق من الجليد المتجمد يمثل أحد الصعاب التي تواجه هواة التزحلق على الجليد، أو تسلق الجبال في هذه المناطق.

### 2. الشقوق الجليدي:

وتتكون هذه الشقوق إذا ما إشتد إنحدار النهر الجليدي، أو تغايرت سرعة أجزاء كتلة الجليد الزاحف، ولابد ان يؤدي هذان العاملان معاً إلى حدوث نوع من الشد والتمزق في سطح الجليد فتتكون شقوق طولية وعرضية. وتتكون الشقوق العرضية إذا ما إزداد إنحدار أرض الوادي الجليدي، وتمتد هذه الشقوق عبر النهر الجليدي. أما الشقوق الطولية التي تمتد موازية لإتجاه زحف الجليد "وتدفقه" فتحدث في حالة تغاير سرعة زحف الجليد المتحرك. وكثيراً ما تتقاطع هذه الشقوق في جميع الإتجاهات إذا ما إشتد إنحدار أرض الوادي الجليدي بصورة فجائية، ويتكون حينئذ ما يعرف بالمسقط الجليدي، الذي تظهر عنده مجموعة من الشقوق الغائرة العميقة وبعض كتل مدببة من الجليد. ويتميز وادي نهر التش الجليدي بأنه نهر منتظم في إنحداره إلى درجة كبيرة، ولذا تختفي منه ظاهرة المساقط الجليدية. ولكننا نرى في نفس الوقت بعض الأنهار الجليدية التي تنحدر من قمة من بلان بسويسرا كنهر دية بوسون الجليدي – تنحدر إنحداراً فجائياً من منسوب عشرة آلاف قدم إلى حوالي ثلاثة آلاف قدم، وذلك في مسافة لا تزيد على الميلين من مسيرها. ولذا يتميز نه ردية بوسون الجليدي بكثرة مساقطه الجليدية وبظاهرة الهبار الجليدي ومن أمثلتها ذلك الهبار الهائل الذي حدث في صيف سنة 1949.

يتميز سطح نهر التش الجليدي في فصلي الشتاء والربيع بشدة تراكم الثلج فوقه بدرجة كبيرة بحيث تختفي معالم الشقوق والهوات الجليدية، ويصبح من الخطورة بمكان تسلق هذا الوادي في هذين الفصلين. أما في فصل الصيف فيتميز سطح هذا النهر بوعورته. ويوضح معالم الشقوق والهوات وما شباهها، كما تظهر فوق سطحه بعض البرك الصغيرة التي تشبه البحيرات في أشكالها (وذلك اثناء النهار بصفة خاصة) كما تجري المايه الناتجة عن ذوبان الجليد على شكل جداول قصيرة تنحدر مياهها نحو الشقوق التي يكثر وجودها فوق سطح

الغطاء الجليدي، وقد تنحت في بعض الأحيان حفراً صغيرة تشبه البالوعات فوق سطح كتلة الجليد، وتعرف مثل هذه الحفر بالحفر الجليدية.



والنهر الجليدي كما ذكرنا من قبل عامل هام من العوامل الجيومورفية التي تؤدي إلى النحت والنقل والإرساب. وسنبين في الصفحات القادمة الدور الرئيسي الذي يلعبه هذا العامل في تشكيل سطح الأرض. وكل ما يمكننا قوله في هذا المجال، إنه إذا كانت جوانب الوادي الذي يشغله النهر الجليدي، صخرية مرتفعة، ففي هذه الحالة تنهار منها كتل صخرية كثيرة تستقر على جانبي الوادي بحيث تبدو على شكل حائطي، وقد تسقط بعض المواد الصخرية على سطح كتلة الجليد، فتسقط في الشقوق التي تنتشر فوقه وبذا تتحرك مع زحفه وإنتقاله. ومنها ما يحتك بقاع الوادي فيسحق الصخور وينحتها. وتتكون من المواد المفتتة رواسب هائلة يحملها الجليد ويرسبها على شكل كومة هلالية الشكل عند نهايته، هي التي تعرف بالركام النهائي أما المفتتات الصخرية التي تتراكم على جانبي الوادي الجليدي فتعرف بالركامات الجانبية.

وإذا إتصل النهر الجليدي برافد من الروافد، فلابد أن يتحد ويلتحم الركامان الجانبيان لكلا النهرين الجليديين، ويتكون ركام واحد هو الذي يعرف بالركام الجليدي الأوسط.

### ثالثاً: أنهار الحضيض الجليدية:

كثيراً ما تنحدر الأنهار الجليدية على جوانب المرتفعات حتى تبلغ حضيضها، وتمتد عند مخارج هذه الأنهار من المنطقة المرتفعة على شكل السنة. وقد

يحدث في بعض الأحيان ان تتلاقى وتندمج هذه الألسنة عندما تبلغ الأرض المنخفضة التي تمتد عند اقدام المرتفعات، وتتكون كتلة جليدية واسعة يحدها "واد" واحد. وتظهر مثل هذه الكتل المندمجة في انتاركتيكا وشبه جزيرة الاسكا. ففي المنطقة الأولى يوجد ال في الجزء الجنوبي من فيكتوريا لاند، اما في شبه جزيرة الاسكا فيوجد اكبر نهر جليدي ينتمي إلى هذا النوع وهو، الذي يمتد فوق مساحة كبيرة من الأرض تزيد على 1500 ميل مربع على طول إمتداد سلسلة جبال سانت إلياس التي تطل على المحيط الهادي بحوالي 1500 قدم، ويزيد سمك كتلة الجليد الهائلة التي توجد به على الألف قدم.

ويمكنا لقول بصفة عامة بأن ظاهرة الأنهار الجليدية المندمجة التي توجد عند اقدام المرتفعات، ظاهرة قليلة الإنتشار على سطح الأرض في وقتنا الحالي، ولعلها كانت ظاهرة شائعة إبان العصر الجليدي البلايستوسيني، فمن المحتمل ان بعض هذه الأنهار الجليدية كان يمتد على طول المنحدرات الشمالية لجبال الألب فوق هضبة بافاريا فيما بين جبال الألب ونهر الدانوب، كما أن الجزء الشمالي من سهل لمبارديا الذي يمتد على طول المنحدرات الجنوبية لجبال الألب من المحتمل انه كانت تحتله هو الآخر انها رجليدية مندمجة.

**النحت بفعل الجليد:**

إختلفت أراء العماء وتضاربت في القرن التاسع عشر فيما يتصل، بقدرة الجليد المتحرك على النحت، تبلور هذا الإختلاف حول نقطة واحدة، وهي فيما إذا كانت تلك الصور التضاريسية التي توجد في المناطق التي شاهدت عصراً جليدياً فيما مضى، ناجمة عن عمليات النحت بفعل الجليد أو المياه الجارية، ويبني الذين يعتقدون بأن المياه الجارية هي التي كونت تلك الصور التضاريسية، وجهة نظرهم على اساس أن الجليد إذا غطى قشرة الأرض في منقطة من المناطق، فهو غالباً ما يكون بمثابة درع لها يقيها من أن تؤثر فيها عوامل النحت.

ومن الحقائق المتفق عليها الآن، أن للجليد قدرة هائلة على النحت، هذا مع ملاحظة أن المياه الجارية كثيراً ما تلعب دوراً هاماً في النحت عند حواف الكتل الجليدية وهوامشها تماماً مثلما حدث إبان الفترات ما بين الجليدية. كما أن التجوية الميكانيكية تساهم هي الأخرى في تفكيك الصخر وتفتيته في المناطق التي تبرز فيها فوق حقول الثلج قمم أو حافات مرتفعة، وذلك بواسطة الصقيع.

**ويقوم النهر الجليدي بعمله في النحت بالطرق الاتية:**

1. طريقة الألتقاط، إذ إن الجليد عندما يزحف في واديه يلتقط كل ما يصادفه في قاع الوادي من الجلاميد وحجارة ويدفعها معه.
2. قوة ضغط الجليد وثقله على الصخور، إذ يساعد ثقله العظيم وما يحمله من مواد صخرية إلتقطها أثناء زحفه، على نحت الصخور وصقلها وتجويفها وخدشها.. إلخ.
3. يعمل ثقل الجليد وضغطه على صخور القشرة بالإضافة إلى إحتكاك المواد التي يحملها بعضها ببعض، على طحن الصخور بحيث يؤدي هذا إلى تكوين رواسب متناهية في النعومة هي التي تعرف بدقيق الصخر، كما يؤدي هذا إلى تكوين مفتتات صخرية مختلفة الأشكال والأحجام، تختلف تماماً عن ذلك الزلط المصقول المستدير الذي تحمله مياه الأنهار.

وتعتبر الأنهار الجليدية من العوامل الرئيسية التي تعمل على نحت سطح الأرض في المناطق الجبلية المرتفعة التي يتكون فيها الجليد. ومن الأمور الثابتة التي يجمع العلماء على صحتها، أن معظم الأنهار الجليدية لا تجري في أودية حفرتها لنفسها إنما تجري في أودية قديمة حفرتها المياه الجارية، وتداب هذه الأنهار في الأطوار الأولى من حياتها على تعميق أوديتها سواء بوساطة ضغط جليدها على قاع الوادي، أو بما تحمله من حطام ومواد صخرية تساعدها على النحت الراسي مما يؤدي في النهاية إلى شدة عمق هذه الأودية.

ولا جدال في أن مقدرة الأنهار الجليدية على النحت الراسي تفوق كثيراً مقدرتها على النحت الجانبي، ولذا تتميز اودية هذه الأنهار بعمقها الكبير وبقلة إتساعها. ويتميز النهر الجليدي بأنه لا يتبع في مسيره إنحناءات الوادي (الذي حفرته المياه في أول الأمر) بل يعمل بواسطة قوة ضغطه على إزالة اي سفوح معزولة، ولهذا تبدو أودية الأنهار الجليدية وقد خلت من الإنثناءات والمنحنيات وتكاد تتميز بإستقامتها بصورة عامة. كما تمتاز جوانب هذه الأودية، بأنها راسية أو شديدة الإنحدار وهو بهذا يختلف إختلافاً جوهرياً عن الوادي النهري الذي يبدو مقطعه العرضي المنتظم

وقد غيرت الأنهار الجليدية – التي توجد في المناطق الجبلية المرتفعة – الشئ الكثير من خصائص أودية الأنهار القديمة، لدرجة جعلتها تختلف تماماً عن الصورة التي تكونت بها هذه الأودية في مبدا الأمر. ولهذا يمكن القول بأن عملية النحت بفعل الجليد، عملية تسهم إسهاماً كبيراً في تشكيل قشرة الأرض، وتعد مسئولة عن تكون ظاهرات جيومورفية لعل اهمها ما يلي:

1. دارة الجليد: وهي أهم الظاهرات الجيومورفية، التي تتميز بها المناطق الجبلية المرتفعة التي لها من إرتفاعها ما يجعلها تتأثر بعمليات النحت الجليدي، ودرات الجليد هي تلك الأحواض التي تشبه إلى حد كبير حلبات الملاعب ومدرجاتها إذ إنها تكاد تحاط بحوائط أو جوانب راسية (على انه لا يشترط أن تحيط مثل هذه الجوانب الراسية بهذه الأحواض من كل جهاتها) وتوجد مثل هذه الحلبات في الأجزاء العليا من الأودية الجليدية، وقد تتألف منها رؤوس هذه الأودية في معظم الأحوال. وليس أدل على أن الحلبات من أهم الظاهرات الجيومورفية الناجمة عن عمليات النحت بفعل الجليد، من أن هذه الظاهرة تكاد تخلو منها منطقة جبلية مرتفعة تتأثر بالجليد إذ تعرف الحلبات بالألمانية بال، وباللغة الولشية (لغة سكان ويلز) بال، وفي إسكتلنده بال، وفي إقليم كمبرلاند بإنجلترة بال، كما تعرف في شبه جزيرة إسكندناوه بال أو الكيبدل.

وتتميز "الحلبات" التي تتخلف عن ذوبان الجليد بأنها تتألف من ثلاثة أجزاء: المنطقة الحوضية،ونطاق المرتفعات التي يحيط بها، وعتبة او أو مدخل. اما المنطقة الحوضية فتبدو على شكل فجوة مقعرة الشكل تمتد على طول سفح جبلي، وتحيط بها من ثلاثة جوانب حوائط مرتفعة يتراوح إرتفاعها بين 2000، 3000 قدم، ومن أهم خصائص هذه الحوائط المرتفعة أنها شديدة الإنحدار، وتنتهي أرض الحلبة في معظم الأحوال على شكل "عتبة" مرتفعة نوعاً ما ولكنها اقل إرتفاعاً من الحوائط التي تحيط بها، ولهذا كثيراً ما تحتل قيعان الحبلات بعض البحيرات الصغيرة التي تسمى ببحيرات الحبلات ولا يمنع إنحدار المياه منها طول السفح الجبلي الذي تكونت فيه فجوة الحلبة، إلا وجود "العتبة" المرتفعة عند نهايتها.

وقد تقدم عدد كبير من الجيومورفولوجيين بنظريات عديدة لتفسير الطريقة التي تكونت بها الحبلات، ولعل اكثر هذه النظريات قبولاً تلك التي تفسر نشأة هذه الأحواض بأنها كانت في مبدأ الأمر قبل أن يملأها الجليد عبارة عن فجوات صغيرة حفرتها المسيلاتا المائية المنحدرة على سفوح المرتفعات، ثم وسعت هذه الفجوات توسيعاً مطرداً بعد ذلك. وعندما يتراكم الثلج في إحدى هذه الفجوات، فلابد أن يؤدي هذا إلى تفكيك صخور هوامشها، وذلك لتعاقب ظاهرة التجمد والذوبان. وفي الفترات التي يتعرض فيها الثلج المتراكم للذوبان، تعمل المياه الناجمة عن ذوبانه علىإزالة المفتتات الصخرية التي تتساقط عند الهوامش وبذا تتسع مساحة الفجوة وتتحول إلى حوض واسع يزداد إتساعاً بفعل عملية التجوية الميكانيكية وبفعل المياه الناتجة عن ذوبان الجليد، هذا بالإضافة إلى إشتداد تراكم الثلج في وسط المنطقة الحوضية – وذلك لأن إنحدار جميع جوانبها صوب الوسط – يؤدي إلى إشتداد عملية النحت الجليدي في الوسط وضعفها عند المخرد فتتكون العتبة.

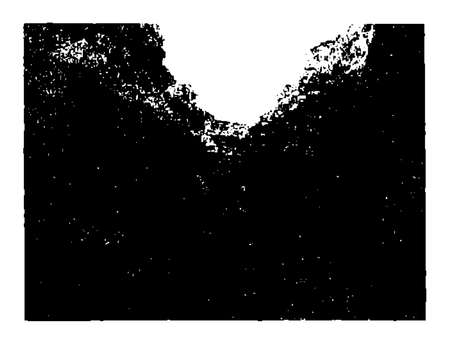
2. **القمم والحافات المسننة:** إذا إستمرت الحبلات المتجاورة تزداد إتساعاً وعمقاً، فلابد أن يؤدي هذا إلى تكوين قمم جبلية حادة مدببة. فإذا اتسعت حلبتان تقعان على كلا جانبي سلسلة جبلية، تكونت في هذه الحالة حافة فقرية حادة

تفصل الدارتين عن بعضهما البعض. وبإطراد عملية توسيع هاتين الدارتين، لا تبقى بينهما إلا بعض القمم الحادة الممزقة التي لا تلبث هي الأخرى أن تنهدم، ثم ينشأ غيرها نتيجة تعمق الحلبات وتوسعها وتقابلها مع بعضها البعض على طول جوانب الكتل الجبلية. ولذا تتميز القمم الجبلية التي توجد ف يمناطق تتأثر بعمليات النحت الجليدي، بانا في معظم الأحوال عبارة عن قمم حادة مسننة تختلف تماماً عن المرتفعات المستديرة المصقولة التي توجد في الأقاليم الرطبة.

3. **الأحواض الجليدية:** ولا يقصد بهذه الأحواض حقول الثلج، بل هي عبارة عن الأحواض الطولية التي تظهر في معظم الحالات في الأجزاء العليا من الأودية الجليدية، وتبدأ الأحواض الجليدية عند اعتاب الحلبات، التي تنحدر إنحداراً فجالياً شديداً صوب قيعانها.
4. **الأودية المعلقة:** وهي عبارة عن روافد نهر جليدي كبير، تحتل أودية جانبية، ولم يتمكن الجليد الذي يملؤها من تعميق هذه الأودية إلى مستوى قاع الوادي الجليدي الرئيسي، فتبقى معلقة، او مرتفعة عن ارض الوادي الرئيسي وكثيراً ما تعتبر هذه الأودية دليلاً حاسماً على ان المنطقة التي توجد بها قد تأثرت بفعل الجليد، ولكننا نرى أن ظاهرة الأودية المعلقة قد تتسم بها الأنهار في بعض الأحوال، وخصوصاً إذا كان جريان الماء في روافده متقطعاً وغير منتظم او إذا كانت كمية المياه التي تحملها هذه الروافد كمية قليلة مما يؤدي إلى عدم إستطاعتها أن تعمق أوديتها إلى مستوى وادى النهر الرئيسي.
5. **الفيوردات:** يكاد يتفق عدد كبير من المتخصصين في الدراسات الجليدية، على ان الفيرودات ما هي إلا اودية جليدية إستطاع الجليد أن يعمقها كثيراً إلى ما دون سطح البحر. ولكننا نرى نقرا آخر من العلماء يرجحون أن هذه الأودية الجليدية قد تكونت في بادئ الأمر فوق سطح البحر ثم تعرضت بعد ذلك لطغيان مياهه. ولكن المهم هو ان الراي القديم القائل بأن الفيوردات قد تكونت بفعل عوامل تكتونية لم يعد يأخذ به احد من العلماء، وآل إليه الأمر إلى الإختفاء والزوال تماماً. ولكننا قد نجد الفيوردات وقد تحكمت في إتجاهاتها

خطوط إنكسارية، ولكن هذا لا يعني إطلاقاً أن مثل هذه الفيوردات قد نشأت كأغواراً ثم غمرتها مياه البحر، بل كل ما في الأمر أن خطوط الإنكسارات قد تحكمت بعض التحكم في إتجاهاتها. وعلى هذا يمكن القول بأن الفيوردات إنما تكونت في الواقع بفعل عمليات النحت الجليدي وحدها.

**الصخور المحززة:**



وهي عبارة عن صخور ناتئة في قيعان الأودية، تمتاز بشكلها المحدب، ويرجع السبب في بقائها ناتئة في قاع النهر الجليدي، إلى أن الجليد أثناء نحته لقاعه نحتاً رأسياً لم يستطع إزالتها، بل إندفع فوقها وإحتك بها. ولذا تتميز جوانب هذه الكتل التي تواجه الجليد الزاحف بسطحها المستدير، وبتحززها، أما جوانبها التي تواجه مصب النهر الجليدي أو نهايته، فتتميز بتجعدها وعدم إنصقالها – وخصوصاً إذا كانت هذه الجوانب كثيرة الشقوق والمفاصل – ويعزى هذا إلى أثر عملية الإلتقاط الي يقوم بها الجليد على هذا الجانب. ولذا تتميز جوانبها التي تواجه الجليد الزاحف أو التي تواجه الأجزاء العليا من الوادي الجليدي بمعنى آخر – بأنها أقل إنحداراً من جوانبها التي تواجه مصب النهر الجليدي أو نهايته.

**الإرساب بفعل الجليد:**

تتميز الرواسب الجليدية على إختلاف أنواعها بعدم تجانسها وباختفاء ظاهرة الطبقية منها، وهي بهذا تختلف إختلافاً جوهرياً عن بقية أنواع الرسوبيا الأخرى سواء كانت هذه التكوينات الرسوبية، نهرية أو بحيرية...إلخ. ولعل أهم أنواع الإرسابات الجليدية هي تلك الأكوام الهائلة من الجلاميد والحصى والطين التي تعرف بالركامات الجليدية. ويمكننا ان نفرق بين عدة أنواع من هذه الركامات.

**أولاً: الركام النهائي:**



وهو الذي يتكون عند نهاية النهر الجليدي بعد أن يتعرض للذوبان، مما يدل على ان عملية الإرساب قد حدثت عند نهاية النهر الجليدي ومنذ بضع سنوات كانت تعرف الرواسب التي تتراكم عند نهايات الأنهار الجليدية بالركامات التراجعية على أساس أنها ترتبط بظاهرة تراجع النهر الجليدي وتقهقره عندما يتعرض جليده للذوبان، وعلى أساس انه إذا وجدت خطوط من هذه الركامت عند نهاية النهر، ففي وجودها ما يدلنا على المراحل التي مر بها النهر الجليدي عند تقهقره. ولكننا يمكن ان نجزم الأن بأن كل هذه الركامات ليست ركامات تراجعية، فقد يدل بعضها على مراحل تقهقر الجليد، كما قد يدل بعضها الآخر على المراحل التي تقدم فيها، وخصوصاً أن تقهقر الجليدي لم يكن مطرداً بل يتميز

بتذبذبه، وبعض فترات كان يتقدم فيها الجليد أحياناً. ولكننا مع هذا لا يمكننا التفرقة بين الركامات التراجعية والركامات التي تتكون بعد تقدم النهر الجليدي وتقهقره خلا عملية إنكماشه. وعلى هذا يحسن دائماً أن نطلق على الرواسب التي تراكم عند نهايات الأنهار التراجعية، إصطلاح الركامات النرهاشية، وهو إصطلاح ادق بكثير من إصطلاح الركامات التراجعية. ومما يجدر ذكره، أن الركامات النهائية لا يشترط أن تتكون عند نهايات كل الأنهار الجليدية المتقهقرة، بل يتوقف ترسبها على عدة عوامل نذكر منها: المدراليت تمكنها جبهة الجليد الزاحف في وضع واحد لا تحيد عنه، وحمولة الأنهار الجليدية من الرواسب، وعلى طاقة الأنهار الجليدية على نحت المواد الصخرية بنفس السرعة التي تتراكم بها هذه المواد.

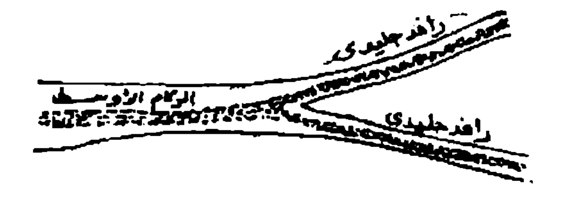
ثانياً: الركامات الجانبية:



وتتكون على كلا جانبي النهر الجليدي. وتتألف مواد هذه الرواسب من المفتتات الصخرية التي تسقط من حوائط الوادي وجوانبه، بواسطة عمليات التجوية (فعل الصقيع، أو تتابع التجمد والذوبان) وعمليات الإنهيار والتهدل الأرضي كالهيارات الجليدية، وانزلاق الجليد...إلخ. ولا تظهر الركامات الجانبية على هيئة خطوط متصلة تمتد على طول كلا جانبي النهر، إذ قد تظهر في جانب واحد دون الأخر، ويرجع هذا إلى أن الأنهار التي إحتلت الأودية الجليدية بعد إنتهاء العصر الجليدي، كثيراً ما تعمل على تقطيع هذه الركامات أو إزالتها بواسطة

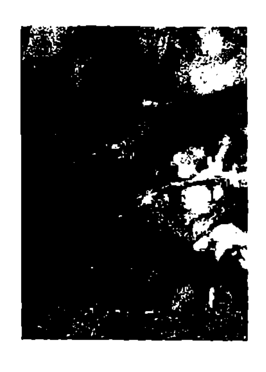
عمليات النحت الجانبي، وقد تحصر بعض البحيرات الصغيرة بين الركام الجانبي وبين حائط الوادي.

**ثالثاً: الركام الأوسط:**




وهو الذي يتكون إذا ما إتحد ركامان جانبيان ف يمجرى واحد، أو عندما تتصل عدة أنهار جليدية وتنحدر كلها في مجرى واحد – كما يحدث في حالة الأنهار الجليدية التي توجد عند حضيض المرتفعات – إذ تظهر الركامات الوسطى في هذه الحالة على شكل عدة خطوط متوازية. ولكن يمكن القول بأن الركامات الوسطى تمثل في واقع الأمر إحدى الظاهرات الجيومورفية التي تميز الأنهار الجليدة، ولكنها تظل على سطح الأرض فترة محدودة بعد أن يذوب جليد هذه الأنهار إذ تشغل أوديتها مجار مائية.

**رابعاً: الركام الأرضي:**

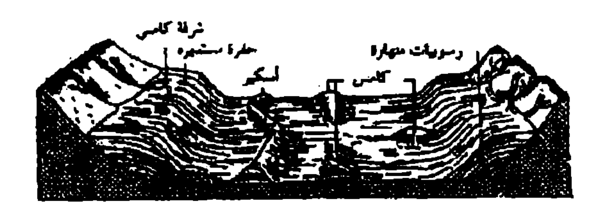


ويتألف منتلك الرواسب الهائلة التي يتركها النهر الجليدي في قاعه بعد أن يذوب جليده، على أننا نرى في الحقيقة أن الركامات الأرضية تتكون بصفة خاصة في المناطق التي تغطي سطح الأرض فيها غطاءات جليدية صغيرة (كغطاءات اليوكول في إيسلنده أو الفييلد النرويجي) أما في حالة الأنهار الجليدية، فالمعروف أن لهذه الأنهار طاقة كبيرة على إلتقاط المواد الصخرية التي توجد في قيعانها ونحتها. ولهذا تتميز الركامات الجليدية الأرضية التي تتكون في الأودية الجليدية، بأنها تتألف من رواسب رقيقة قليلة السمك إذا ما قورنت بتلك التي تتكون ف يمناطق الغطاءات الجليدية.

**الرواسب الجليدية النهرية:**

تساهم المياه التي تجري على شكل انهار خلال الجليد او تحت سطحه أو عند قاعه، مساهمة كبيرة في نحت المواد الصخرية وحملها وإرسابها. وتتميز الرواسب النهرية بتشابهها مع الرواسب الجليدية ولكنها تختلف عنها في أنها قد أعيد ترتيبها وتوزيعها فترسبت بشيء من التناسق، ويتوقف هذا التصنيف على طول المسافة التي حملتها فيها الأنهار قبل أن ترسبها. وتعرف مثل هذه مثل الرواسب بالرواسب الجليدية النهرية، ومنأمثلتها رواسب الإسكرز، والكام...إلخ.

**رواسب الإسكرز:**




وهي عبارة عن رواسب من الطفل والرمل والحصى تبدو على شكل حافات فقرية، وتتميز المواد التي تألف منها بأنها موزعة توزيعاً منتظماً، وبأنها قد تظهر

على شكل طبقات، كما انها، حبيبات الرمال والحصى ذات شكل مستدير او بيضاوي مما يدل على أنها رواسب جليدية أعادت الأنهار التي كانت تجري تحت الجليد عملية توزيعها وترتيبها. ويكثر وجود مثل هذه الحافات الفقرية من الرواسب بالقرب من جوانب الوادي الجليدي، بحيث تظهر قريبة الشبه من الركامات الجانبية. على أن التفرقة بينها وبين الركامات الجليدية التي تتميز بعدم تجانس المواد التي تتألف منها وبإخفاء ظاهرة الطباقية منها أمر لا يصعب القيام به.

**رواسب الكام:**

وهي عبارة عن تلال صغيرة منخفضة تتألف من مواد أرسبتها المياه الجارية ولكنها لم تصنف أو يعد توزيعها بالدرجة التي تمت بها إعادة توزيع رواسب الإسكرز، وقد أرسبت هذه المواد أول ما أرسبت فوق سطح الجليد في بعض الحفر الوعائية المستديرة التي تظهر فوق سطح الجليد أو في الشقوق أو في المناطق المنخفضة التي تفصل جليد النهر الجليدي الزاحف عن حوائط وادية كما أنها قد تتكون على صورة رواسب مروحية أو مخروطية على طول جبهة النهر الجليدي عند نهايته وقد ترسبت هذه الرواسب في هذه المواضع المتلفة، إما أنهار تتخلل الجليد أو أنهار تجري في قاع النهر الجليدي تحت جليده المتراكم.

**رواسب الجلاميد الصلصالية:**

وهي عبارة عن تلك الرواسب التي تتألف من صلصال ناعم يختلط بجلاميد صخرية توجد بصفة خاصة عند أطراف الغطاءات الجليدية، وهي التي يتعرض الجليد عندها للذوبان اكثر من غيرها من المواضع، مما يؤدي إلى إرساب المواد التي يحملها على شكل سلسلة من التلال.

وكثيراً ما يتساوى سمك هذه الرواسب مما يؤدي إلى تسوية سطح الأرض لأن الرواسب الجليدية التي تتراكم في المناطق المنخفضة أكثر سمكاً بكثير من الرواسب التي تتراكم في المناطق المرتفعة، أما إذا كان سطح الأرض يتميز أصلاً

بإستوائه فلابد أن يؤدي تراكم الرواسب الجليدية فوقه إلىظهوره بصورة وعرة، وخصوصاً إذا كانت هذه الرواسب من الركامات الأرضية التي لا تتوزع في قاع النهر الجليدي بسمك واحد.

الكتلة الضالة:

وهي عبارة عن كتل صخرية ضخمة نقلها الجليد لمسافات طويلة ثم ارسبها في مناطق متفرقة بعيدة تماماً عن مصادرها الأصلية. وتتميز هذه الكتل بكثرة تخدش سطوحها مما يدل على أن الجليد قد اثر فيها، كما ان في أشكالها المستديرة ما يدل على أنها دفعت بفعل المياه التي عملت على إستدارتها، فهي إذن رواسب جليدية نهرية، وقد تبدو هذه الكتل المعلقة فوق نتوءات بارزة من الأرض، أو فوق بعض القمم الجبلية المدببة وتعرف في هذه الحالة بالكتل المعلقة، ولكنها تظهر في معظم الحوال في المناطق السهلية او في قيعان الأودية اليت كان يملؤها الجليد في وقت من الأوقات. وقد كان "لوي أجاسيز " اول من أطلق على تلك الكتل الصخرية – إسم الصخور الضالة وذلك لأن مصادرها ومواطنها غير معروفة، وفي وجود هذه الكتل الضالة أو المعلقة، دليل ثمين، يرشد العلماء ويهديهم إلى تتبع إتجاهات حركة الجليد الزاحف ومعرفة اقصى إمتداد له.

الكثبان الجليدية:

وهي عبارة عن تكوينات الجلاميد الصلصالية اليت تم ترسيبها على صورة تلال أو كثبان مستديرة الشكل، تتفاوت كثيراً في أحجامها، فقد تتراوح أطوالها ما بين بضعة أمتار واكثر من 1500 متر، ويكثر وجود هذه التلال في الجزر البريطانية، في إيرلنده الشمالية، وفي السهول الوسطى الإسكتلندية، حيث تظهر ف يالمناطق الساحلية وتظهر بصفة خاصة بين خطوط الركامات النهائية المتوازية. ويبدو اللاندشافت الطبيعي في المناطق التي تظهر فيها على سطح الأرض مثل هذه

التلال المستديرة على شكل أحواض طولية (الأراضي الوطيئة التي تنحصر بين الركامات النهائية) تنتشر عليها تلك التلال البيضاوية أو المستديرة.

السواحل:



السواحل هي مناطق الإحتكاك بين الماء واليابس، وقبل أن ندخل في تفاصيل دراسة نشاط الأمواج والتيارات البحرية وحركة المد والجزر كعوامل النحت والإرساب، يحسن أن نحدد المعاني التي تدل عليها الألفاظ العديدة التي تستخدم عند الكلام عن السواحل. فكلمة ساحل، بمعناها العام تدل على المناطق التي تتلاقى عندها مياه البحار والمحيطات بكتل القارات. وقد تظهر السواحل على هيئة نطاقات ضيقة تمتد على طول البحر، كما أنها كثيراً ما تمتد إلى جانب مياه البحر مباشرة بحيث تنحصر بين أخفض منسوب لمياه المد وبين قواعد الحوائط المرتفعة التي قد تطل على مياه البحر، أما في حالة السواحل السهلية فينحصر الساحل الحقيقي بين أخفض منسوب لمايه المد وأعلى نقطة تأثر بمياه الأمواج والتيارات البحرية العاصفة إذا كان الساحل سهلياً منخفضاً. أما سيف البحر فيقصد به الخط الذي تلتقي عنده مياه البحر بالأرض اليابسة، وهو خط متغير إذ يتقدم نحو اليابس في فترة المد ويتقهقر عنه في فترة الجزر. وينقسم الساحل إلى قسمين: ساحل أمامي ويمتد بين أعلى وأخفض منسوب لمايه المد، وساحل خلفي ويقع على منسوب أعلى من منسوب الساحل الأمامي بحيث تنحصر بين أعلى منسوب لمياه المد وخط الساحل سواء تمثل هذا الخط على هيئة حائط أو جرف

مرتفع أو إمتد على طول أعلى مناطق التي تتأثر بمياه الأمواج والتيارات البحرية العاصفة.

وتختلف السواحل عن بعضها البعض في شتى جهات سطح الأرض إختلافات جوهرية في طبيعتها وخصائصها، ويرجع هذا إلى حد كبير إلى أن هنالك مجموعة من العوامل تساهم كلها متضافرة في تحديد الصورة النهائية التي تظهر عليها السواحل ويمكن أن نوجز هذه العوامل على النحو التالي:

أولاً: مدى تأثر الساحل بفعل مياه الأمواج والتيارات البحرية وحركة المد وخصوصاً وأن هذه المياه تعتبر عاملاً هاماً من عوامل النحت والحمل والإرساب.

ثانياً: طبيعة التكوينات الصخرية الساحلية، ودرجة مقاومتها لعوامل النحت بمياه الأمواج والتيارات البحرية، ونوع الصخور التي تتكون منها المناطق الساحلية. هل هي صخور متجانسة أو متفاوتة في درجة صلابتها ودرجة ميلها؟؟ وماإذا كانت هذه الصخور صخوراً رسوبية في وضع أفقي، أو صخرواً مائلة صوب البحر أو الداخل.

ثالثاً: درجةإنحدار المنطقة الساحلية، ومدى إرتفاعها، هل يظهر الساحل على شكل حوائط وجروف مرتفعة وشديدة الإنحدار؟ أو يتميز بفنخفاضه وتدرجه في إنحداره صوب البحر؟

رابعاً: مدى تأثر المنطقة الساحلية بحركات الهبوط أو الإرتفاع التي كان يتعرض لها مستاوى سطح البحر.

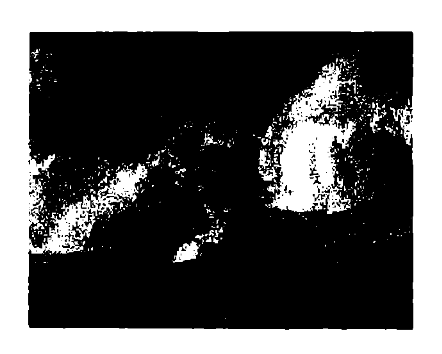
خامساً: هنالك بعض عوامل خاصة، تتمثل فيما إذا كان الساحل مرجانياً تساعد ظروفه المناخية والنباتية ونظام تصريفه المالي على نمو حيوانات المرجان أو فيما إذا كان الساحل قد تأثر بالأنهار الجليدية أو عمليات النشاط البركاني.

سادساً: كثيراً ما يدخل الإنسان تعديلات وتغييرات عديدة في المناطق الساحلية، وذلك بتطهيره للمجاري الدنيا للأنهار، وبتجفيف المستنقعات الساحلية وإنشاء السدود والأرصفة والموانئ... إلى غير ذلك من صور النشاط البشري.

ولابد بطبيعة الحال – إزاء هذه العوامل – من أن تختلف السواحل عن بعضها البعض إختلافات كبيرة.

وتتم عمليات تشكيل سطح الأرض في المناطق الساحلية بواسطة ثلاثة عوامل هي: الأمواج، والتيارات البحرية، وحركات المد.

الأمواج:



وهي دون شك أهم العوامل الثلاثة وأكثرها أثراً في المناطق الساحلية. والرياح هي العامل الأول في تكوين الأمواج وتحركها، فإذا هبت الرياح على سطح مائي وإحتكت به، يؤدي هذا إلى تكوين موجات صغيرة على هذا السطح سرعان ما تدفعها الرياح عند مؤخرتها وتجذبها عند مقدمتها. كما تقوم الرياح بنوع من الإمتصاص عند قمة الموجة في نفس الوقت الذي تنضغط فيه عند قاعها، مما يؤدي إلى تحركها وإنتقالها. وهكذا يتوالى تكون الأمواج وتحركها. ويقصد بطول الموجة المسافة الأفقية التي تمتد بين قمتي موجتين متجاورتين أو بين قاعهما أما إرتفاع الموجة فهو عبارة عن المسافة الرأسية التي تمتد بين قمتها وبين قاع الموجة التي

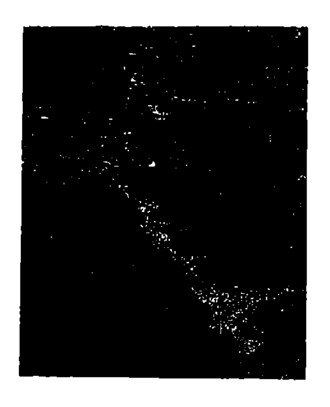
تجاورها. وتتوقف احجام الأمواج إلى حد كبير على سرعة الرياح، وعلى عمق مياه البحر او المحيط لحركة هذه الأمواج وسرعتها. ويتوقف إرتفاع الموجة على ما يعرف بمدى الموج ويقصد به المسافة التي تمتد عليها الموجة فكلما إزدادت هذه المسافة ادى هذا إلى تولد موجات عالية قد يصل إرتفاعها إلى حوالي 16 متراً. وهذا يفسر لنا خلو البحيرات والبحار المغلقة من الأمواج الكبيرة المرتفعة. وقد ذكر "كيونن" ان الموجات العالية الكبيرة تحتاج إلى مسافة كبيرة من المياه العميقة لكي تتولد فيها، بحيث لا تقل هذه المسافة عن 1000 متر. ويتوقف إرتفاع الموجة كذلك على المدة التي يستغرقها هبوب الرياح، فقد دلت الدراسة التي قام بها بعض البحاث في معهد سكريبس للأوقيانوغرافيا في لاهويا بكليفورنيا اثناء الحرب الأخيرة، على انه إذ بلغت سرعة الرياح 105 كيلومتراً في الساعة، وإذ بلغت المسافة التي تمتد عليها الموجة 1500 كيلومتراً، فمن الممكن ان يصل إرتفاع الموجة في هذه الحالة إلى حوالي 20 متراً بشرط ان تهب الرياح لمدة 50 ساعة متتالية.

وإذا وصلت الأمواج إلى منطقة ساحلية ضحلة المياه، يشتد إنحدار قممها وتتكسر وتتحرك كتلة من المياه صوب الشاطئ بقوة كبيرة (تعرف هذه بالموج الجارف) مما يجعل لها قدرة كبيرة على النحت واكتساح، ثم تنحدر هذه الكتلة المائية مرة أخرى صوب البحر (وتعرف بال). وتقابل حركة تجمع المياه عند الساحل، حركة مضادة على شكل تيار سفلي (يعرف بإرتداد الموج) يتحرك في الطبقات السفلي من المياه بعيداً عن الساحل مما يحدث نوعاً من التوازن بين الحركتين.

وهناك نوع من الأمواج الهائلة يعرف بالتسونامي وهي الأمواج التي تسببها بعض الزلازل والبراكين تحدث في قاع البحر او المحيط. ويزيد طول الموجة التسونامي هذه على مائة ميل، وتبلغ سرعتها أكثر من 400 ميل في الساعة،ولا يزيد إرتفاع هذه الموجات في المناطق البعيدة عن السواحل على بضعة أقدام، ويزداد إرتفاعها تدريجياً كلما إقتربت من الساحل حتى يصل إلى أكثر من 20 متراً عند الساحل. وقد يتراوح إرتفاع بعض الأمواج التي يتعرض لها ساحل شيلي وساحل

اليابان الشرقي ما بين 30 و40 متراً. وتكاد ترتبط هذه الأمواج بمناطق معينة تسمح ظروفها الجيولوجية، وعدم إستقرارها وثباتها، بحدوث حركات باطنية عديدة.

**التيارات البحرية:**

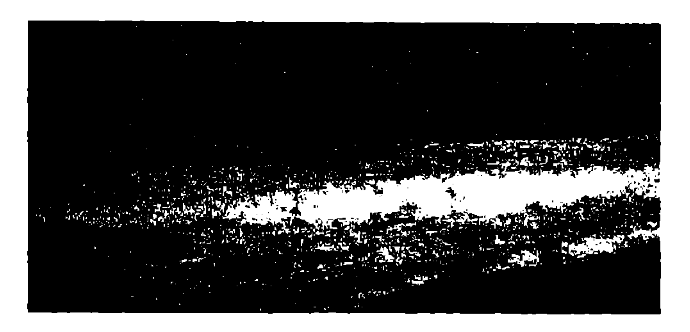


تختلف التيارات البحرية عن الأمواج في أنها عبارة عن كتلة متصلة من المياه لتتحرك حركة مستمرة ولا تتميز بانقطاعها بأي حال من الأحوال. والرياح هي المسئولة أولاً وأخيراً عن تكون التيارات البحرية، ولهذا نجد نوعاً من العلاقة بين توزيع هذه التيارات، وبين توزيع الرياح على سطح الكرة الأرضية. على أن هنالك عوامل أخرى تؤدي إلى تعديل وتغير إتجاهات التيارات البحرية، نذكر منها أثر دورة الأرض التي تعمل على إنحراف هذه التيارات إلى يمين إتجاهها في نصف الكرة الشمالي، وإعتراض كتل اليابس لهذه التيارات البحرية مما يؤدي إلى أن تحيد عن إتجاهها وتتحول إلى تيارات ساحلية. والتيارات البحرية عمق واضح، إذ يتراوح مثلاً عمق تيار الخليج الدافئ بين 2000 – 3000 قدم، ويبلغ إتساعه، في نفس الوقت اكثر من 40 ميلاً في اضيق أجزائه، كما تبلغ سرعته حوالي خمسة أميال في

الساعة. ولابد بطبيعة الحال من ان تقل أعماق هذه التيارات ويتسع عرضها وتقل سرعتها إذا ما خرجت إلى عرض المحيط الواسع.

ولعل التيارات الساحلية هي أكثر انواع التيارات تأثيراً في المناطق الساحلية، على أنه يمكن القول بصوره عامة بأن التيارات البحرية على إختلاف انواعها، لا تقوم إلا بنصيب ضئيل محدود في تشكيل المناطق الساحلية، إذ لا يتعدى عملها نقل المواد الناعمة وأنواع الرواسب من منطقة ساحلية إلى بعض العمليات الأخرى.

**تيارات المد:**



وقد تكون لها في بعض الحالات سرعة تكفي لنقل المفتتات الصخرية وإرسابها في المناطق الساحلية، على أنها هي الأخرى ليست ذات أثر كبير كعامل من العوامل الجيومورفية التي تساهم في تشكيل السواحل. وتختفي حركات المد من البحيرات إذ يبلغ، مثلاً، مدى حركة المد (الفرق بين أ'لى واخفض منسوب لها) في بحيرة إيري حوال ثمانية سنتيترات، ولا يزيد بأي حال على سنتيمترين في بحر البلطيق. وكثيراً ما تتميز الخلجان الساحلية – التي تبدو على هيئة أذرع من مياه البحر متعمقة في اليابس – بعظم مدى المد فيها. إذ يتراوح هذا المدى في منطقة خليج فاندي (بين نوفاسكوشيكا، ونيوبرنزويك على الساحل الشرقي في الولايات المتحدة) ما بين 30، 50 قدماً. على ان هذا لا يعني أن مثل هذه الموجات والتيارات

العالية من المد لها قدرة كبيرة على النحت، بل كثيراً ما تحدث ظاهرة الإرساب في المناطق الساحلية التي تأثر بها. وهذا ما حدث في منطقة خليج فاندي، مما يؤيد الرأي القائل بأن عملية النحت لا تقوم بها تيارات المد أو موجاته إلا نادراً، بل كثيراً ما تتفوق عملية الإرساب على عملية النحت في المناطق التي تتأثر بموجات المد.

النحت بفعل الأمواج:



يتضح لنا مما سبق أن العامل الرئيسي الذي يساعد على النحت البحري، هو عامل الأمواج المتكسرة، التي تدفعها الرياح صوب المناطق الساحلية. ولابد من عدة شروط لكي تتمكن الأمواج من القيام بعملها في النحت في المناطق الساحلية. وفيما يلي أهم هذه الشروط:

(أ) درجة مقاومة صخور الساحل.

(ب) وجود المفاصل والشقوق في الصخر.

(ج) ثبات خط الساحل في موضعه لفترة طويلة.

(د) عمق مياه البحر بالقرب من الساحل.

(ه) إتجاه الأمواج، فإذا كان الإتجاه عمودياً على الساحل كان أثره في تفكيك الصخور أعظم مما إذا كان الإتجاه مائلاً.

(و) كمية المواد الصخرية المفتتة التي تحملها الأمواج وأحجام هذه المواد.

وتبلغ عمليات النحت البحري اقصى حد لها إذا كانت الأمواج تحمل قدراص كبيراً من المواد الصخرية المفتتة. على اننا نلاحظ كذلك أن إصطدام الأمواج بالسواحل يؤدي إلى نحتها، وخصوصاً إذا كانت هذه السواحل تتألف من صخور كثيرة الشقوق والمفاصل. ويحدث إصطدام الأمواج بالسواحل ضغطاً كبيراً قدره "جونسون" على طول ساحل إسكتلنده بما يزيد على الستة آلاف رطل في القدم الرمبع من الأرض. وعندما ترتطم مياه الأمواج بصخور السواحل، يؤدي هذا إلى إنضغاط الهواء الذي يمل شقوق هذه الصخور ومفاصلها، إنضغاطاً فجائياً كما لو قد دفع على شكل إسفين في هذه الشقوق، وعندما تنحدر مياه الأمواج صوب البحر وتتراجع عن الساحل، يعود الهواء الذي تعرض للإنضغاط في هذه المفاصل والشقوق إلى التمدد بصورة فجائية بقوة كبيرة تكاد تبلغ درجة الإنفجار، مما يؤدي إلى تمزق الصخر وتفتته. وبالإضافة إلى مياه الأمواج لصخور السواحل بهذه الوسيلة الميكانيكية، تستطيع مياه الأمواج أيضاً أن تنحت هذه الصخور بوسائل كيماوية، إذا كانت هذه الصخور من الأنواع التي تقبل الذوبان في الماء.

وترجع معظم عمليات النحت التي تقوم بها الأمواج في المناطق الساحلية، إلى ما تحمله هذه الأمواج من مفتتات من الزلط والرمال والحصى تدفعها معها نحو السواحل، إذ تعد هذه المواد بمثابة القذائف التي توجهها الأمواج صوب صخور السواحل فتحطمها وتفتتها. ولهذا تصبح عملية النحت بفعل الأمواج عملية ضعيفة نسبياً. إذا ما خلت مياه هذه الأمواج من معاول الهدم التي تحملها.

وعلى هذا يمكن القول بأن عملية النحت بفعل الأمواج تمر في الواقع بالخطوات الآتية:

**أولاً:** تفتيت الصخور الساحلية بواسطة قوة إندفاع مياه الأمواج نحوها واصطدامها بها مما يؤدي إلى نحتها سواء بوسائل ميكانيكية أو كيماوية. فكان الخطوة الأولى إذن، تتمثل في إنتزاع المواد المفتتة من تكوينات الساحل ويضاف إلى هذه المواد ما تحمله مياه الأنهار، وما يتساقط من الحوائط العالية من مواد صخرية مفتتة.

**ثانياً:** النحت بقوة ضغط الأمواج وما تحمله من مفتتات.

**ثالثاً:** زيادة تفتت المواد الصخرية التي تحملها الأمواج نتيجة إحتكاكها ببعضها البعض، ثم نقلها مرة أخرى صوب البحر بواسطة التيار السفلي الذي يتحرك في الطبقات السفلى من المياه بعيداً عن السواحل.

ولا تؤثر الأمواج، في السواحل إلا عند إرتفاع معين، ويتمثل الحد الأعلى لعمليات النحت بفعل الأمواج، في أخفض منسوب تبلغه مياه الأمواج في المنطقة الساحلية إذ ما دفعتها نحوها رياح شديدة. وقد إختلفت آراء الجيومورفولوجيين بصدد العمق الذي تبلغه عملية النحت بفعل الأمواج، فمن قائل بأن هو العمق الذي تستقر عنده الرواسب البحرية الدقيقة ثابتة دون أن تحركها الأمواج، إلى قائل بأن هذا العمق يتفق مع ما يعرف بقاعدة الأمواج التي يتراوح عمقها دون مستوى سطح البحر ما بين 200، 600 قدم. ويرى "جونسون" ان فعل الأمواج كثيراً ما يمتد تحت سطح البحر إلى عمق يزيد على 600 قدم، حيث تستطيع الأمواج أن تثير الجزيئات الصخرية الناعمة المستقرة فوق قاع البحر، ولكنها تتمكن من النحت الإيجابي على اعماق قد تصل إلى حوالي 200 قدم تحت مستوى سطح البحر. ويرى نفر آخر من الجيولوجيين امثال "شبرد " أن الحد الأدنى للنحت بفعل الأمواج لا يزيد عمقه على 40 قدماً دون مستوى سطح البحر بأي حال من الأحوال، وقد وصل "شبرد" إلى هذه النتيجة من دراسته لحركة الرمال في الأمواج أثناء العواصف البحرية.

القطاع الجنوبي للساحل: يحسن بنا لكي نتصور المراحل التطورية التي يمر بها الساحل أن نفترض ان هذا الساحل كان يبدو في أول الأمر على شكل أرض متدرجة في إنحدارها تنتهي إلى البحر، وتبدأ في هذه الحالة عملية النحت بفعل امواج بحضر فجوة في تلك الأرض المتدرجة فيتكون حائط أو جرف مرتفع يعلو بوضوح عن مستوى سطح البحر وتتغير تبعاً لذلك صورة الإنحدار. أما المواد الصخرية التي تتخلف عن عملية نحت الفجوة، فتتراكم عند النهاية الهامشية لذلك الحائط بحيث تغمرها مياه البحر. وتمثل هذه المرحلة طور الشباب أو الطور

الأول في حياة السواحل. ويمكن القول عموماً بأن طاقة الأمواج على النحت في تلك المرحلة تصل إلى عنفوانها كما تعظم قدرتها على نقل المواد الصخرية المفتتة. وبتوالي إصطدام الأمواج بالحائط الصخري ونحتها لهذا الحائط، تضعف قدرتها على النحت، وذلك لأن تجمع الرواسب عند قاعدة الحائط الصخري يؤدي إلى تقليل عمق المياه في المنطقة الساحلية فتقل إزاء هذا سرعة الأمواج وتقل بالتالي قدرتها على النحت، وتظهر الرواسب التي تتجمع عند أقدام الجرفق الصخري على هيئة مدرج أو مصطبة بحرية، كما يتكون عند أقدام هذا الجرف الصخري مدرج أخر هو الذي نحتته الأمواج. ومعنى قلة مقدرة مياه الأمواج على النحت أن هذه المياه قد وصلت إلى درجة التعادل التي سبق شرحها عن الكلام عن القطاع الطولي للنهر. وإذا إستمرت مياه الأمواج في نحت "مدرج الموج" بعد ذلك، فلابد أن يؤدي هذا إلى تقليل درجة إنحداره وإلى ظهور القطاع الجانبي للساحل على صورة مقعر مما يدل على أن الساحل قد وصل في هذه الحالة إلى مقطع توازنه. وإذا ظهرت السواحل على هذا النحو، ففي هذا دليل على أنها قد بلغت طور نضجها. ومن الخصائص الأخرى التي تمكيز مرحلة النضج هذه، تكون الرواسب التي تتألف منها الشواطئ، إذ يساعد تزايد المسافة بين الحائط الصخري وبين المياه البحرية العميقة، بالإضافة إلى قلة عمق مياه البحر في المنطقة الساحلية، على تراكم الرواسب فيها وبقائها على شكل "شاطئ" يستمر لفترة مؤقتة قبل أن تجرف هذه الرواسب مرة أخرى صوب مياه البحر العميقة. وكثيراً ما يتزايد سمك الرواسب الشاطئية هذه في الفترات اليت يقل فيها نشاط الأمواج على النحت، كما انه كثيراً ما تتعرض هذه الرواسب لأن تجرف في الأوقات التي تزداد فيها سرعة الرياح، ويزداد تبعاً لهذا نشاط الأمواج على النحت، كما أنه كثيراً ما تتعرض هذه الرواسب لن ترجف في الأوقات التي تزداد فيها سرعة الرياح، ويزداد تبعاً لهذا نشاط الأمواج على الجرف والنحت.

على أننا يجب أن نلاحظ انه لكي يتحول قطاع الساحل إلى حالة التوازن التي ذكرناها يجب أن يظل مستوى البحر بالنسبة لليابس ثابتاً لفترة طويلة، كما يشترط أيضاً أن ينعدم إلقاء المجاري المائية والجليدية لرواسبها في مياه البحر، وأن يستمر هذا لفترة طويلة تكفي لحدوث ذلك التطور من مرحلة الشباب إلى مرحلة النضج.

أما مرحلة الشيخوخة فيتحول فيها إنحدار الحائط الراسي الذي تكون في طور الشباب، من صورته الرأسية العمودية إلى حالة من التدرج واضحة تمام الوضوح. وتتراكم الرواسب في هذه الحالة عند قاعدته على شكل مدرج بنته الأمواج وكونته.

هذه هي المراحل التطورية التي تمر بها السواحل الصخرية، وهي مراحل نظرية إلى حد كبير يشترط لتحقيقها توافر شروط معينة كما يشترط أيضاً أن يتميز سطح البحر بثباته لفترة طويلة.

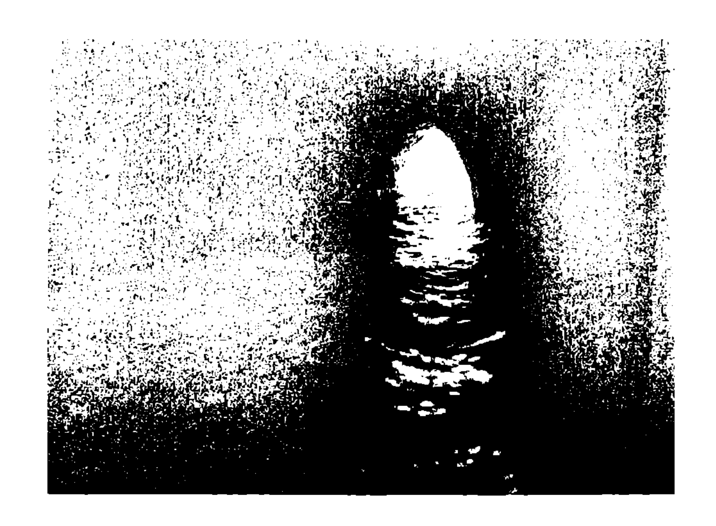
الصور الجيومورفية الناجمة عن عمليات النحت بفعل الأمواج: مما لا شك فيه ان أثر الأمواج في تشكيل المناطق الساحلية الصخرية يختلف تماماً عن تأثيرها في المناطق الساحلية المنخفضة التي تغطيها مواد صخرية مفتتة، إذ يقتصر تأثير الأمواج في الحالة الأخيرة على جرف المواد الصخرية المفتتة صوب البحر، مما يؤدي إلى ضحالة المنطقة البحرية المجاورة. أما في حالة الساحل الصخري ضحالة المنطقة المجاروة. أما في حالة الساحل الصخري فيعم أثر الأمواج كعامل من عوامل النحت ولذا تتميز هذه السواحل بظاهرات جيومروفية عديدة تتمثل في الجروف والأرصفة البحرية وغيرها.

الجروف:



وتمثل أهم الظاهرات الجيومورفية التي ترتبط بعمليات النحت بفعل الأمواج. وتختلف هذه الجروف إختلافاً كبيراً في اشكالها. ويتوقف هذا على نوع الصخور، وبنيتها، ومدى مقاومتها لعمليات النحت بفعل الأموج. ولهذا يختلف شكل الجروف التي تتكون من صخور تميل صوب البحر عن تلك التي تتألف من صخور تميل صوب اليابس، كما ان الجروف التي تتألف صخورها من طبقات رسوبية افقية لابد ان تختلف هي الأخرى عن تلك التي تتألف من صخور جراتينية. ولاشك ايضا في أن الجروف التي تكونت في مناطق تتألف من صخور غير متماسكة تختلف هي الأخرى إختلافاً كبيراً عن تلك التي تتكون من صخور جراتينية أو بازلتية شديدة الصلابة تمتد عمودية أو شبه عمودية على الساحل.

وتمتد في معظم الحالات عند اقدام الجرف البحري مصطبة مرتفعة هي التي تعرف برصيف المياه العالية الذي يرجع تكونه إلى تأثير الأمواج العاصفة وعمليات التجوية والإنهيار الأرضي، فكأنه – والحالة هذه – قد تكون بفعل عمليات النحت. ولعل الظروف المثالية التي تساعد على تكون مثل هذه المصاطب تتمثل في وجود خليج بحري شبه مقفل، لا يشتد فيه تأثير الأمواج على المنطقة الساحلية، هذا على الرغم من انه كثيراً ما تتكون هذه المصاطب في المناطق الساحلية المفتوحة. وتتميز الرجوف الساحلية بتراجعها تراجعاً مطرداً نحو اليابس، وبذلك تتقهقر خطوط السواحل بسرعة ملحوظة وتتقدم مياه البحر على حساب ما تكسبه من المنطقة الساحلية.



تتكون الكهوف في مناطق الجروف الساحلية التي تتميز صخورها ب
قها ومفاصلها. وعندما تتعرض منطقة من هذه المناطق لعمليات النحت ب
واج، وسرعان ما تتكون بعض الكهوف على طول مناطق الضعف في تكوين
خرية، وذلك لأن هذه المناطق تتعرض أكثر من غيرها لعمليات النحت ب
واج، وفي هذه الحالة تندفع مياه الأمواج نحو الفجوة التي تكونها عند
طق وترتطم بها، ويؤدي هذا إلى إنضغاط الهواء بداخلها، ثم تمدده بع
لية عندما تتقهقر مياه الأمواج، مما يؤدي إلى زيادة توسيع هذه الفجوات ف
شكل كهوف. وكثيراً ما تنهار سقوف هذه الكهوف ويتكون في هذه الحالة
الذي يعرف في جزر اوركنيز) قد يزيد طوله على مائة قدم مكا يصل عمق

**الأقواس البحرية:**



وتتكون في المناطق الساحلية التي يمتد فيها اليابس على هيئة لسان صخري في عرض البحر، مما يؤدي إلى إرتطام مياه الأمواج به من كلا جانبيه، فيكون كهوف بحرية عند كلا هذين الجانبين. وكثيراً ما يتقابل كهفان جانبيان ويتكون في هذه الحالة نفق محفور في اللسان الصخري يبدو على شكل بوابة ضخمة، هي التي تعرف بالقوس البحري. وتمثل المسلات البحرية الرمحلة التالية لتكون الأقواس البحرية، عندما تتهدم الأجزاء العليا من هذه الأقواس، فتبدو على شكل مسلات أو أعمدة قائمة تتميز بسمك قواعدها.

**الإرساب بفعل الأمواج:**

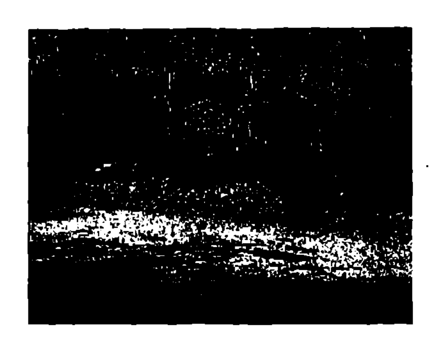
سبق أن ذكرنا، أنه إذا ما تعرض أي جرف ساحلي صخري فانه يتراجع بواسطة عملية النحت بفعل الأمواج، فلابد ان يترك – في هذه الحالة – عند أقدامه، قاعدة صخرية تكونت بفعل النحت وتنحدر إنحداراً متدرجاً طفيفاً صوب مياه البحر، وتعرف هذه القاعدة بمدرج النحت البحري. وقد يصل إتساع بعض هذه المدرجات أو المصاطب في المنطقة الساحلية إلى بضعة آلاف من الأقدام في بعض المناطق، مما يدل على أن عملية تراجع الحوائط الصخرية الساحلية كانت عملية مطردة سريعة. وكثيراً ما تمتد مثل هذه المصاطب تحت مياه البحربحيث تبرز من سطحها التكوينات الصخرية الصلبة، على هيئة نتوءات تمثل عقبة كبيرة وخطراً

داهماً يهدد الملاحة بالقرب من السواحل. وفي الوقت الذي تتكون فيه هذه المصاطب عند أقدام الجروف الساحلية، تتراكم الرواسب اليت تخلفت عن عملية النحت التي كونت هذه المصاطب بالإضافة إلى غيرها من المفتتات الصخرية التي تلقي بها المجاري المائية والجليدية في مياه المنطقة الساحلية، على طول خط الساحل ذاته بحيث تظهر على صورة وأشكال شتى، مكا لابد ان تؤثر هذه الرواسب في سيف البحر. وقد جرى العرف على تقسيم الرواسب الساحلية في قسمين رئيسيين:

رواسب ساحلية ورواسب يتم تراكمها بعيداً عن الساحل.



**الرواسب الساحلية:**



وهي تلك الرواسب التي تتراكم في قاع البحر في المنطقة الساحلية عند النهاية الهامشية الخارجية لمدرج النحت البحري السابق ذكره. وتسمى في هذه الحالة بمدرج الإرساب البحري. وقد سبق أن ذكرنا عند الكلام عن الصخور الرسوبية، أن اصل الصخور الرسوبية البحرية إنما يرجع إلى تلك الرواسب التي أرسبتها الأمواج أو غيرها من العوامل في مياه البحار والمحيطات. وتتدرج هذه الرواسب في النعومة كلما بعدت عن سيف البحر،وكلما إزداد عمق مياه البحر أو المحيط، إذ تتدرج من رواسب الجلاميد والزلط تتراكم فيما بين منسوبي المد والجزر في مناطق ضحلة المياه، إلى رواسب رملية ناعمة تتراكم فوق الحافات الغائصة للرفارف القارية، إلى رواسب طينية ناعمة ظلت ذراتها الدقيقة عالقة بالمياه

لمسافات طويلة ثم ترسبت على مسافات بعيدة عن السواحل. والمهم هو أن هذه الرواسب تتراكم تحت مستوى سطح البحر، ولهذا لا تؤثر على شكل الساحل أو سيف البحر إلا تأثيراً طفيفاً.

وفي المراحل الأولى من تطور السواحل، يتم ترسيب معظم حمولة الأمواج والتيارات البحرية من الرواسب في الفجوات والخلجان التي توجد بالمنطقة الساحلية، على شكل شواطئ من الرمل أو الحصى أو الزلط. وسرعان ما تؤثر الأمواج على جبهاتها فتعمل على تقويسها، وتتكون في هذه الحالة شواطئ هلالية الشكل ويزداد تراكم هذه الرواسب الشاطئية بإطراد تراجع أرض الساحل المرتفعة نحو اليابس، وكثيراً ما تمتد هذه الرواسب حتى أقدام هذه المناطق الرمتفعة، إذ تساعد الصخور الساحلية على وجود قدر كبير من المواد الحطامية الصلبة التي تتألف من الجلاميد والحصى والرمال.

وتتعرض الرواسب التي تتراكم في المناطق الساحلية لعمليات الإزالة وإعادة الإرساب بواسطة مياه الأمواج، بصورة شبه مستمرة. وتساعد الأمواج في عملها التيارات الساحلية، والتيارات السفلية التي تسير على طول الساحل، حتى إذا بلغت فجوة من الفجوات،أو خليجاً من الخلجان، ارسبت كل حمولتها على صورة حافة فقرية في قاع هذا الخليج أو تلك الفجوة، وتزداد هذه الحافة في إرتفعها ومساحتها بتوالي تراكم الرواسب فوقها، فتعلو فوق مستوى سطح البحر، وبذلك تكون لساناً رسوبياً يتصل بالساحل ويمتد في البحر. وكثيراً ما تساعد حركة الأمواج واليتارات البحرية على نمو هذا اللسان صوب اليابس وليس صوب البحر على شكل منحنى، ويسمى في هذه الحالة بالخطاف أو اللسان الذي أعيد ثنيه وقد تنمو السنة رسوبية صوب البحر عند كلا جانبي الخليج أو الفجوة مما يؤدي إلى تلاقيهما في وسط مياه هذا الخليج وتكون ما يعرف بحاجز الخليج. ويتم بهذه الصورة من صور الإرساب البحري، ربط الجزر القريبة من السواحل بخطوةط السواحل ذاتها.

**الرواسب التي تتراكم بعيداً عن الساحل:**

تختلف صورة الإرساب التي تحدث في المناطق الساحلية المنخفضة التي تتميز بضحالة مياهها، إختلافاً كبيراً عن تلك التي تظهر في المناطق الساحلية المرتفعة، إذ تضعف على طول مثل هذه السواحل مقدرة الأمواج على النحت، وذلك لأن مياه الأمواج غالباً ما تنكسر قبل أن تصل إلى الساحل وذلك لإصطدامها بقاع البحر في المنطقة الساحلية الذي يتميز غالباً بضحالته فيها. وبإصطدام الأمواج وإحتكاكها بقاع البحر الضحل، تتم عملية تفكيك صخور هذا القاع، ثم ترسيبها وراء خط تكسر الأمواج (أي صوب اليابس) على صورة حافة فقرية من الرواسب المغمورة، تكاد تسير موازية لسيف البحر وتبعد عنه في المعتاد بمسافة تتراوح ما بين بضع مئات من الأقدام وبضعة آلاف. ويتوالي حدوث عملية الإرساب حتى تعلو هذه الحافة الفقرية فقو مستوى سطح البحر، وتظهر على شكل سلسلة من الألسنة والجزر الضيقة، وسرعان ما يؤدي إستمرار تراكم الرواسب إلى ملء الثغرات بين هذه الألسنة والجزر، ويتكون حاجز واحد، طويل، وضيق، يمتد موازياً لسيف البحر، وهو الذي يعرف بالحاجز البعيد عنالساحل ويفصل هذا الحاجز مياه المنطقة الساحلية عن مياه البحر اليت كانت تتصل بها وبذا تظهر المنطقة الساحلية على شكل هور ساحلي ضحل. وتنصرف مياه المجاري المائية التي تنتهي إلى البحر في معظم الأحوال في مثل هذه "الأهوار" مما يؤديإلى إرتفاع منسوبها وتدفق مياهها خلال الحاجز الساحلي عن طريق بعض الثغرات التي تكونها. ويتميز منسوب المياه في "الأهوار" بأنه يتذبذب بين إنخفاض وهبوط مع حركة المد في المنطقة الساحلية التي كثيراً ما تطغى مياهها على الأهوار خلال الثغرات التي توجد بالحاجز الساحلي، ولا بد بطبيعة الحال من أن يؤدي هذا إلى تزايد إتساع هذه الثغرات بصورة واضحة. وتعرف هذه الثغرات بمداخل المد.

ومما يجدر ذكره، أن الحواجز الساحلية لا تتميز بإنفصالها عن سيف البحر إنفصالاً تاماً، بل كثيراً ما تتصل به في بعض مواضعه التي تمتد متعمقة في

مياه البحر مما يؤدي إلى ظهور الهور الساحلي على شكل سلسلة من الأهوار المتجاورة.

ومن الخصائص الهامة التي تتميز بها الحواجز الساحليةانها تهاجر وتنتقل ببطء صوب اليابس حتى يؤول بها المر في النهاية إلى الإختفاء والزوال، إذ تعمل مياه الأمواج التي تتكسر عند هذه الحواجز على نحت قاع البحر عند جوانب هذه الحواجز التي تواجه البحر، مما يساعد على تعميقه، ويؤدي بالتالي إلى إستطاعة مياه الأمواج أن تنحت جوانب الحواجز التي تواجه اليابس، وبهذا يتسع الحاجز الساحلي عند مؤخرته (التي تواجه اليابس) في الوقت الذي تنتحت في مقدمته، كما تضيق الأهوار ضيقاً واضحاً. وتعمل – في نفس الوقت – المجاري المائية التي تنتهي إلى البحر على إلقاء رواسبها في الأهوار الضحلة فيرتفع قاعها وتتحول تحولاً جزئياً إلى مستنقعات وبطائح ساحلية. وبإطراد حدوث هذه العمليات تختفي المستنقعات الساحلية إختفاءً تاماً، ويلتصق الحاجز الساحلي باليابس تمام الإلتصاق، بحيث يظهر على شكل رواسب شاطئية عادية تمتد على طول ساحل البحر. وعلى هذا يمكن القول بأن الحواجز والأهوار – التي تمثل في وقاع الأمر اهم الظاهرات الجيومورفية التي تتميز بها السواحل الضحلة – تمر بمراحل تطورية هي: مرحلة الشباب عندما يبدأ تكوها، ومرحلة النضج عندما يكتمل تشكيلها، ثم مرحلة الشيخوخة عندما تتعرض للزوال والتلاشي.

وهناك عدة ظاهرات جيومروفية أخرى تتميز بها المناطقث الساحلية، ولكنها لا تتعلق بعملية الإرساب بفعل مياه الأمواج أو التيارات البحرية، بقدر ما تتعلق بعمليات الإرساب النهري أو الجليدي أو الإرساب بفعل الهواء، وتتمثل هذه الظاهرات في الدالات بأنواعها (المروحية او القوسية والأصبعية)، وهي على الرغم من أنها من عمل الأنهار التي تصب في البحار إلا أنها لا تتكون إلا في المناطق الساحيلة، ومن ظاهرات الإرساب الأخرى، الركامات الجليدية التي قد تمتد على طول السواحل، أو التلال الجليدية اليت قد تمتد على السواحل على هيئة كثبان، او قد تتألف منها بعض الجزر التي توجد في المنطقة الساحلية. كما انه كثيراً ما يظهر

سيف البحر في مناطق الغطاءات الجليدية على شكل حائط من جليد الأنهار الجليدية ذاتها، كما هي الحال في سواحل جرينلنده وأنتاركتيكا. وكثيرا ما تمتد على طول خطوط السواحل كثبان رملية ارسبتها الرياح، ولا تختلف هذه الكثبان في المناطق الجافة صوب الداخل، أما في الأقاليم الرطبة فتعمل مياه الأمطار على تثبيتها وعلى نمو حياة نباتية غنية على سفوحها.

**حواجز المرجان والجزر المرجانية الحلقية:**



تمتد على طول السواحل في الأقاليم المدارية بصفة خاصة خطوط متوازية من الشعاب المرجانية، وتمثل هذه الشعاب أوضح ظاهرة جيومورفية يتميز بها الساحل في مثل هذه الأقاليم. وتتكون شعاب المرجان أصلاً من هياكل بعض الحيونات الأخطبوطية التي تستطيع ان تتثبت بصخور قاع البحر بحيث توجد هياكلها الجيرية في أسفلها، وتمتد عند طرفها العلوي عدة زوائد رقيقة. وتعيش هذه الحيوانات في مستعمرات فتتكون هياكل صخرية مختلفة الأشكال. ومن هذه الهياكل ما هو هش، ومنها ما هو قوي متين، ومنها المشعب ومنها المنبسط، وتتلاصق كلها بعضها ببعض مكون اكمة تتخللها الشقوق والفجوات، وتكثر فيها أنواع الحيوانات الأخرى. ويساعد على تكون شعاب المرجان في المناطق الساحلية: إرتفاع درجة الحرارة، وشدة ملوحة البحر وصفاؤها، ولذا ينعدم وجود هذه الشعاب أمام مصبات الأنهار حيث تقل نسبة الملوحة، وترتفع كذلك نسبة الرواسب التي

تلقي بها هذه الأنهار في مياه البحر. ولهذا يتميز الحاجز المرجاني الذي يمتد على طول الساحل الشمالي الشرقي لأستراليا، بوجود بعض الفتحات والثغرات فيه، وتؤدي هذه الثغرات إلى مصبات الأنهار الرئيسية. وتفصل حواجز المرجان عن سيف البحر – في معظم الأحوال، أهوار ضحلة تمتد موازية للساحل.

وتعرف الفتحات التي توجد في شعاب المرجان الممتدة على طول ساحل البحر الأحمر في مصر "بالمراسي" ومن امثلتها مرسى علم، ومرسى حلايب.. وقد تمتد بعض شعاب المرجان في مصر على الساحل، ولاشك في أن وجود مثل هذه الشعاب المرجانية في السهل الساحلي، يدل على أن ساحل البحر الأحمر قد تعرض لحركات رافعة. وقد لاحظ الأستاذ "جون بول " وجود بقايا هذه الشعاب المرجانية في جهات متفرقة من منسوب مياه البحر. ففي السهل الساحلي وخليج السويس، على مناسيب أعلى من منسوب مياه البحر. ففي السهل الساحلي بين سفاجا والقصير، وجد "بول" سلسلة من الشعاب الرمجانية المرتفعة، إرتفاعها على التوالي، متراً فوق مستوى سطح البحر، ويقع أقل هذه الشعاب إرتفاعاً بالقرب من سيف البحر بينما يبتعد أكثرها إرتفاعاً عنه بمسافة تتراوح بين أربعة وسبعة كيلومترات. وتبدو تلك الشعاب المرجانية المرتفعة على هيئة حافات بيضاء تتكون من الجبس ويمكن أن نطلق عليها إسم الحواجز المرجانية المرتفعة، وهي تعد دليلاً قاطعاً على تعرض مياه البحر لإنخفاض.

أما الشعاب المرجانية التي تغمرها مياه البحر، فكثيراً ما تظهر فوق سطحها في فترات الجزر، إذ تبدو في هذه الفترات على شكل خطوط تمتد موازية للساحل وتبعد عنه مسافات لا تزيد كثيراً على الكيلومتر. وتتكسر عليها الأمواج في الأوقات التي تضطرب فيها مياه البحر الأحمر، وفيما عدا تلك الأوقات تبدو مياه البحر عميقة ذات لون قاتم، بينما تبدو المياه فوق حواجز المرجان بألوان فاتحة.

وهنالك حواجز مرجانية أخرى تتكون وتنمو حول الجزر في المياه المدارية (خصوصاً في المحيط الهادي)، وتغمر بمياه المحيط فظلت حواجز المرجان حولها على

شكل حلقة يملؤها مياه المحيط من الداخل وتعرف مثل هذه الجزر بالحلقات المرجانية.

وتنمو في معظم الأحوال شعاب المرجان الحلقية في مبدأ الأمر حول جزر بركانية. ويرجع أن هذه الجزر قد تعرضت بعد ذلك لأن تغمرها مياه البحر في الوقت الذي إستمرت فيه شعاب المرجان تنمو نمواً مطرداً سريعاً فظلت فوق مستوى سطح البحر على شكل حلقة من المرجان. أما السبب في إرتفاع مياه البحر فيرجعه عدد كبير من الجيوموفولوجيين إلى ذوبان الجليد ورجوع المياه التي كانت محتبسة في الغطاءات الجليدية البلايستوسينية إلى البحار والمحيطات مما ادى إلى إرتفاع منسوبها، بعض الجيولوجيين يعتقدون بأن هبوط الأرض في مناطق البحار الضحلة، هو العامل الذي أدى إلى طغيان مياه البحر على الجزر البركانية. والمهم أن هذين الرايين – رغم تعارضهما – يتفقان في أن الشعاب الرمجانية إستمرت في النمو والتطور مما أدى إلى ظهورها فوق مستوى مياه البحر او المحيط على شكل حلقات من المرجان.

## أنواع السواحل:

إختلفت آراء العلماء وتضاربت حول موضوع تصنيف السواحل، فمنهم من يقسمها على أساس تكوينها ونشأتها، ومنهم من يقسمها على أساس تضاريسي إلى سواحل مرتفعة وأخرى منخفضة، وقد يصنفها البعض كذلك على أساس نوع التكوينات الصخرية التي تتألف منها المنطقة الساحلية. ولن ندخل في تفاصيل هذه التقسيمات بل سنحاول عرض أصلح هذه التقسيمات واكثرها شيوعاً.

أنواع السواحل حسب تقسيم (جونسون): من احسن التقسيمات التي تقسم السواحل على ضوئها إلى أنواع، ذلك التقسيم الشائع المنتشر الذي لا يكاد يخلو منه كتاب من كتب الجيومروفولوجيا، والذي تقدم به "جونسون" (1919). فهو يرى أن هنالك أربعة أنواع من السواحل:

- سواحل الغمر.
- سواحل الحسر.
- سواحل "المحايدة.
- سواحل مركبة.

**اما سواحل الغمر ان هنالك نوعين منها:**

1. سواحل الريا: وتتكون إذا تعرضت منطقة ما لأن تغمر إنغماراً جزئياً في البحر التي تطغى في هذه الحالة على مصبات الأنهار والأجزاء الدنيا من مجاريها (كما هي الحال في شمال غرب جزيرة إيبريا) فتتكون خلجان متعمقة في اليابس، تزداد ضيقاً كلما تعمقت فيه، وتتميز بأن جوانبها ليست شديدة الإنحدار.
2. سواحل الفيوردات وتتكون إذا طغت مياه البحر على أودية جليدية عميقة ذات جوانب رأسية. وتتوغل فتحات الفيوردات في اليابس لمسافات طويلة تتراوح بين عشرة كيلومترات، 150 كيلومتراً، كما انها تتشعب تشعباً كبيراً.

اما السواحل المحايدة وهي التي لا ترتبط بظاهرة طغيان مياه البحر او إرتفاع اليابس وإنحسار مياه البحر عنه، فقد قسمها "جونسون" إلى سواحل دلتاوية، سواحل بركانية، سواحل الشعاب المرجانية، سواحل إنكسارية.

ويظهر من تقسيم "جونسون" ان الأساس الذي إعتمد عليه هو شكل الساحل الذي إلتقت عنده مياه البحر عند تكونه، وما حدث نتيجة تغير منسوب البحر وتذبذبه من طغيان او إنحسار لمياه البحر.

انواع السواحل حسب تقسيم "شبرد": ولعل أحسن التقسيمات واحدثها تقسيم "شبرد "(1948) الذي جمع فيه اكثر من أساس واحد، وهو بهذا يختلف عن تقسيم "جونسون" الذي يعتبر إلى حد كبير تقسيماً للسواحل على اساس نشأتها، وقد جاءت أنواع السواحل حسيب تقسيم "شبرد" على النحو التالي:

**أولاً سواحل رئيسية في مرحلة الشباب، وهي تلك السواحل التي تشكلت معالمها بواسطة عوامل أخرى غير العاوامل البحرية وتنقسم إلى أربعة أنواع:**

1. سواحل شكلتها عوامل النحت التي يتعرض لها اليابس ثم طغت عليها مياه البحر بعد ذلك بعد أن تعرض منسوبها للإرتفاع إما نتيجة ذوبان الجليد أو لحركات هبوط ترعض لها البحر. وتنتمي إلى هذه الأنواع من السواحل، سواحل الريا وسواحل الفيوردات.
2. سواحل تشكلت معالمها نتيجة عمليات إرساب حدثت على اليابس وتنضم إلى هذه الأنواع سواحل الإرساب النرهي (سواحل دلتاوية وسهول فيضية غائصة) وسواحل الإرساب الجليدي (كالسواحل التي تمتد على طولها ركامات جليدية أو تلال صلصالية جليدية مغمورة) وسواحل الإرساب الهوائي.
3. سواحل إتخذت شكلها نتيجة عمليات النشاط البركاني وتضم سواحل اللابة البركانية، والسواحل التي ترعضت لثورانات بركانية.
4. سواحل تشكلت معالمها نتيجة ترعض المناطق الساحلية لتقلقلات باطنية. وتنتمي إلى هذه النوع، السواحل الإنكسارية أو سواحل الحافات الإنكسارية، السواحل الإلتوائية أي التي تمتد على طولها سلاسل من الجبال الإلتوائية.

**ثانياً: السواحل الثانوية أو الناضجة ووهي التي تشكلت معالمها وإتخذت خصائصها بواسطة عمليات الترعية البحرية وحدها.**

1. سواحل تعرضت لعمليات النحت البحري التي قد تؤدي إما إلى إستقامتها أو ترعجها وعدم إنتظامها.
2. سواحل تعرضت لعمليات الإرساب البحري التي تؤدي إما إلى إستقامة هذه السواحل، أو إلى تكون الحواجز والخطاطيف، أو إلى تكون شعاب مرجانية، وعلى هذا توجد ثلاثة انواع من سواحل الإرساب البحري: سواحل مستقيمة، وسواحل الحواجز والخطاطيف، والسواحل الرمجانية.

### تطور السواحل الغائصة:

تتميز السواحل الغائصة (أو التي تعرضت لطغيان مياه البحر) في الطور الأول من قصة حياتها بعدم إنتظامها وكثرة تعرجها، وإذ كانت بعض المجاري المائية تنتهي عند منطقة ساحلية تعرضت في أول امرها لطغيان بحري فلابد أن تظهر أراضي ما بين الأنهار في هذه الحالة على هيئة أشباه جزر متعمقة في مياه البحر. وتتعرض مثل هذه الألسنة لهجمات مياه الأمواج وإرتطامها فتتكون الجروف الصخرية وما يرتبط بها من مصاطب النحت البحري، ومدرجات الإرساب بفعل الأمواج، كما تتكون الأقواس البحرية والكهوف والمسلات، وعلى هذا يمكن القول بان مرحلة الشباب في تطور السواحل مرحلة هدم وتدمير ولا تحدث فيها ظاهرة الإرساب إلا في المناطق المحمية عند أطراف الخلجان ورؤوسها.

اما في مرحلة النضج فترتفع مدرجات الإرساب التي كانت في مرحلة الشباب غائصة في مايه البحر، ويظهر في هذه المرحلة وقد إنقسم إلى قسمين: ساحل امامي يتألف من رواسب المدرجات البحرية التي تعرتض للإرتفاع، وساحل خلفي تكون بفعل نحت الأمواج، هذا في الوقت الذي تتراجع فيه الحوائط الصخرية تراجعاً مطرداً صوب اليابس. ويبلغ الساحل مرحلة الكهولة إذا بلغ في تراجعه صوب البر رؤوس الخلجان القديمة أو مصبات الأنهار، وفي هذه الحالة تختفي اشباه الجزر ويصبح خط الساحل قريباً من الإستقامة.

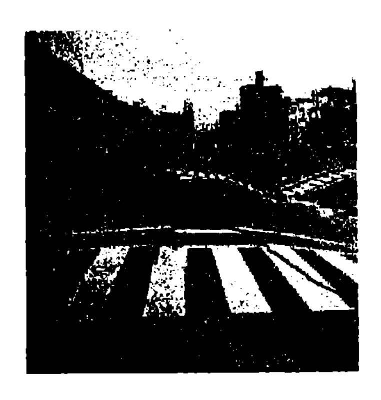
### العوامل الباطنية المؤثرة في تشكيل سطح الأرض:

العوامل التي تؤثر في تشكيل سطح الأرض إما ان يكون مصدرها من باطن الأرض وتسمى عوامل باطنية، وإما ان يكون مصدرها فوق الأرض وتسمى عوامل ظاهرية او سطحية.

**العوامل الباطنية:**

وتتمثل هذه العوامل في الحركات التي تحدث في باطن الأرض نتيجة لوجود مواد منصهرة شديدة الحرارة تقع عليها ضغوط شديدة، فتحاول الخروج إلى سطح الأرض من أي منفذ تجده، وينشأ عنها اضطرابات داخلية تؤدي إلى هزات زلزالية أو ثورانات بركانية في قشرة الأرض.

**أولاً: الزلازل**



الزلازل هي هزات تحدث في أجزاء معينة من القشرة الأرضية وتكون خفيفة أحيانًا فلا يشعر الإنسان بها، وأحيانًا تكون متوسطة يشعر بها الإنسان وتكون أحيانًا شديدة تشقق الأرض وتهدم المباني التي فوقها.

والزلازل على نوعين زلازل باطنية وتحدث في المناطق الضعيفة من القشرة الأرضية، وزلازل بركانية تحدث في المناطق التي تنتشر فيها البراكين وهذا النوع من الزلازل أخف شدة من الزلازل الباطنية وأقل تأثيراً.

**قياس الزلازل:**

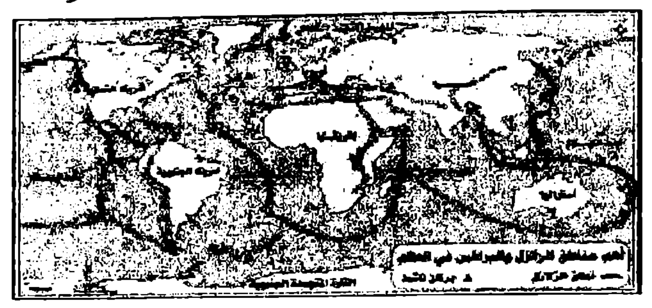
قد تكون الهزات الأرضية قوية فيشعر بها الإنسان وقد تكون ضعيفة فلا يشعر بها، ولكن توجد أجهزة في جميع مراصد العالم تعرف باسم السيسموجراف Seismograph تسجل كل أنواع الهزات الأرضية الضعيفة والقوية.



**مناطق الزلازل:**

تحدث الزلازل كما سبق أن ذكرنا في المناطق الضعيفة من القشرة الأرضية، ومن البلاد التي تكثر بها الزلازل اليابان، فلا يمر يوم دون حدوث هزات أرضية بها، ولهذا صممت المباني بها بطريقة تقلل من خطر الزلازل. ومن البلاد العربية التي تحدث بها الزلازل المغرب وقد حدث بها زلزال المادير سنة 1960 م، وكذلك الجزائر وقد حدث بها زلزال مروع في مدينة الأصنام سنة 1980 م دمر المدينة بالكامل وذهب ضحيته أكثر من 30 الف مواطن.

ومن البلاد الأخرى التي تتعرض للزلازل المروعة إيطاليا واليونان ويوغوسلافيا وإيران والهند واندونيسيا ونيوزيلندا. (انظر الخريطة)

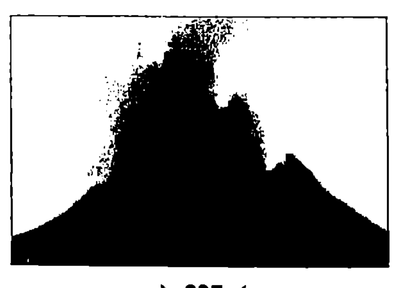


آثار الزلازل:

1. إن الأرض تهتز اهتزازًا عنيفًا فتتهدم المنازل والمنشآت ويهلك عدد كبير من الناس والحيوانات.
2. تتكسر القشرة الأرضية وتتصدع.
3. تنخفض بعض الأجزاء من الأرض فيغطيها البحر بمائه، أو ترتفع بعض الأجزاء التي كانت تغطيها مياه البحر فتنحسر عنها المياه.
4. ينضب ماء بعض العيون والينابيع حيث يتسرب الماء في الشقوق، وتظهر عيون أو ينابيع لنفس السبب.

هناك آثار أخرى غير هذه، ولا تحدث هذه الآثار مجتمعة عند حدوث الزلازل، إذ يمكن أن يحدث أثر واحد أو أكثر في منطقة الزلزال.

ثانياً: البراكين



البراكين هي فتحات في قشرة الأرض تصل باطنها الشديد الحرارة بسطحها البارد، ويخرج من هذه الفتحات وقت الثوران مقذوفات ملتهبة من مواد صلبة واخرى منصهرة او سائلة ومعادن ذائبة وأبخرة وغازات ورماد وطفح بركاني وتتراكم اغلب هذه المقذوفات (اللافا) حول الفوهة مكونة جبلا مخروطي الشكل يعرف بالبركان أو جبل النار.

**اسباب حدوث البراكين:**

تحدث البراكين لوجود مناطق ضعف في القشرة الأرضية تستطيع المواد الباطنية المنصهرة الواقعة تحت الضغط الشديد أن تتغلب عليها، وتنفذ منها بصورة مروعة من الثوران الهائل.

**تركيب البركان:**

ويتركب البركان من الأجزاء الآتية:

1. مخروط له قاعدة مستديرة وجوانب مائلة.
2. القصبة او المدخنة وهي التجويف الأسطواني الذي يصل فتحة البركان بالطبقات الباطنية حيث توجد المواد المنصهرة.
3. الفوهة وهي مكان خروج المقذوفات البركانية وهي دائرية الشكل مرتفعة الجوانب.

**انواع البراكين:**

البراكين علي ثلاثة أنواع من حيث نشاطها وهي:

1. البراكين الثائرة او النشطة وهي التي تثور بانتظام مثل بركان استرمبولي Strompoli بايطاليا.

2. البراكين الهادئة وهي التي تثور احياناً ثم تهدأ احياناً، مثل بركان فيزوف المطل على خليج نابولي بإيطاليا.
3. البراكين الخامدة وهي التي ثارت قديمًا ثم خمدت نهائيًا وتهدمت فوهتها وانسدت قصبتها ونمت الأشجار والنباتات على جوانبها واصبحت مخاريط بركانية تُكَوِّن جبالاً منفردة مثل جبل كينيا بقارة افريقيا.

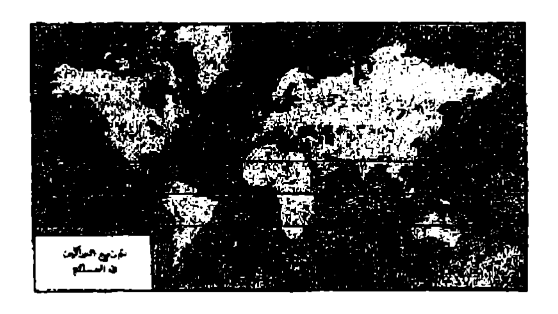
**آثار البراكين:**

**تحدث البراكين تغييراً في سطح الأرض إذ تنشأ عنها:**

1. الجبال والهضاب التراكمية مثل هضبة الحبشة.
2. البحيرات المستديرة التي تشغل فوهات البراكين الخامدة بعد أن تملأها الأمطار مثل بحيرة تيتكاكا في وسط هضبة بوليفيا وسط أمريكا الجنوبية.
3. التربة البركانية ذات الخصوبة الشديدة بسبب الرماد البركاني، مثل حقول نابولي التي يخصبها بركان فيزوف.
4. الجزر البركانية الخصبة في قلب المحيطات وهي ذات مناظر طبيعية جميلة كجزيرة هاواي.

وإذا صرفنا النظر عما تحدثه البراكين من آثار مخربة تهلك الحرث والنسل فإن لها منافع يستفيد منها الإنسان، لأنها تخرج لنا من باطن الأرض معادن مختلفة ومواد بركانية تحملها الأنهار من سفوح الجبال البركانية إلى الأراضي الزراعية، كما يحدث في جبال الحبشة التي تمد وادي النيل بالغرين الذي يزيد خصوبة الأراضي الزراعية سنة بعد أخرى مع كل فيضان لنهر النيل.

**مناطق البراكين:**



توجد البراكين في مناطق الضعف بالقشرة الأرضية، ويمتد أكبر نطاق من البراكين على اليابس المجاور للمحيط الهادي في شرق آسيا وغرب الأمريكيتين ومن المناطق التي تكثر بها البراكين اليابان وإندونيسيا والفلبين ونيوزيلندا وإيطاليا ودول شرق إفريقيا.

**الغلاف الغازي:**

الغلاف الغازي هو الغلاف الهوائي الذي يحيط بالكرة الأرضية ويدور معها في أثناء حركتيها اليومية والسنوية لأنه جزء منها. ولقد تمكن العلماء منذ القديم من تقدير سمك هذا الغلاف بحوالي 300 كلم ولكنه ثبت بعد إطلاق السفن الفضائية أن سمكه أكبر من ذلك ويقع نصف هذا الغلاف – من حيث الحجم – بين سطح البحر وارتفاع 6000 متر بينما تقع ¾ منه تحت مستوى 12000 متر ومن المعروف أن وزن الهواء يقل كلما ارتفعنا عن سطح البحر حتى يكاد ينعدم في الطبقات العليا من الغلاف الجوي.

**عناصر الغلاف الغازي:**

**يتركب الغلاف الغازي من عدة عناصر اهمها:**

**1. الغازات:**

**يحتوي الغلاف الغازي على جميع الغازات المعروفة في الطبيعة وهذه الغازات مختلطة ببعضها ميكانيكيا بحيث لا يؤثر أي منها في خواص الآخر بل يحتفظ كل غاز بخواصه، وأهم هذه الغازات هي:**

**أ. النيتروجين (الآزوت):**

**يكون النيتروجين معظم الغلاف الجوي حجما ووزنا (78 ٪ آزوت و21 ٪ اوكسجين و1 ٪ من بقية الغازات الأخرى). وتكمن فائدة النتروجين الأساسية في أنه عامل ملطف يخفف من درجة حدة الأوكسجين في عملية التنفس كما أن له تأثيرا كبيرا على المناخ من حيث الضغط والرياح كما أن النيتروجيبن يعد درعا واقيا تتحطم عليه الشهب الكثيرة المحترقة والتي تتحول إلى رماد كما يفيد في تغذية النباتات.**

**ب. الأوكسجين:**

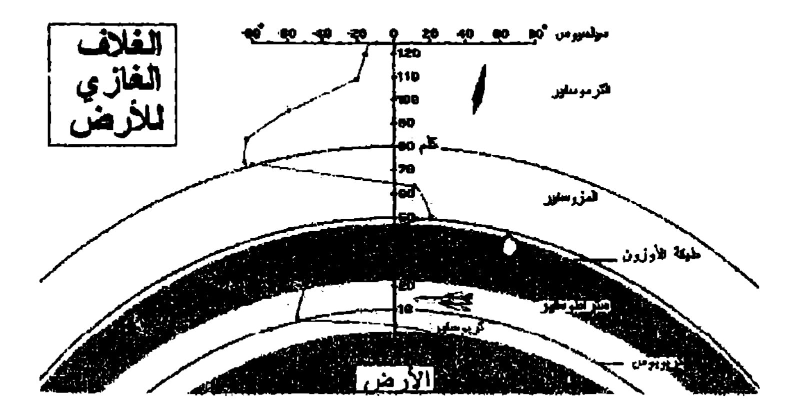
**يكون 21٪ من حجم الغلاف الغازي الذي تتوقف عليه الحياة على سطح الأرض كما أنه عنصر هام في كثير من التفاعلات الكيميائية التي تتم في الطبيعة ولكن اثره في المناخ اقل كثيرا من اثر عنصر النتروجين.**

**ج. ثاني أكسيد الكربون:**

**يوجد في الغلاف الغازي بنسبة قليلة جدا تبلغ 0.04٪ ورغم ذلك فإن له اهمية كبيرة للنباتات حيث يعد عنصرا هاما جدا في غذائه كما أن له أهمية**

مناخية إذ يعمل وجوده في الغلاف الغازي على حفظ الحرارة المشعة من سطح الكرة الأرضية ولولا وجود ثاني أكسيد الكربون في الهواء لتشتت الحرارة إلى خارج الغلاف الغازي وتختلف نسبة وجود هذا الغاز من مكان لآخر فقد تصل في المدن إلى 10 امثالها في القرى بسبب ازدحام الأولى بالمصانع.

وإلى جانب الغازات السابق ذكرها توجد غازات أخرى عديدة منها الهيدروجين والهليوم والأرغن وتختلف نسبة وجود الغازات في الغلاف الغازي كلما ارتفعنا عن سطح الأرض ففي طبقات الجو العليا تزداد نسبة وجود الغازات الخفيفة من الهيدروجين والهليوم بينما تزداد نسبة الغازات الثقيلة في الطبقات السفلى من الغلاف الغازي كالأكسجين وثاني أكسيد الكربون.




بخار الماء:

وهو عبارة عن ذرات صغيرة جدا متطايرة في الهواء يكاد ينحصر وجودها في الطبقات السفلى للغلاف الغازي، كما تختلف نسبة وجود بخار الماء من مكان لآخر تبعا لاختلاف درجة الحرارة ووجود الغطاء النباتي والمسطحات المائية وما إلى ذلك.

ويتأثر بخار الماء بالتغيرات الحرارية الجوية فإذا ما انخفضت درجة الحرارة إلى نقطة الندى تكاثف بخار الماء إما على شكل مطر او ثلج أو برد...الخ ، وإذا ما ارتفعت درجة الحرارة زادت مقدرة الهواء على حمل بخار الماء.

**الغبار:**

والمقصود به الغبار المتطاير في الغلاف الغازي، وهو عبارة عن ذرات دقيقة سابحة في الهواء يوجد معظمها في الطبقات السفلى منه ويختلف وجود الغبار من منطقة لأخرى فنجده يكثر في المناطق شبه الجافة والصحراوية وتتعدد مصادر الغبار، ومن أهمها:

- الشهب المحترقة والتي تتخلف عنها ذرات ترابية دقيقة يتشتت معظمها في الهواء قبل وصوله إلى الأرض.
- الغبار الأرضي الذي ينتج عند تفتت المعادن والصخور المكونة لسطح الأرض.
- الغبار البركاني الذي ينتشر في الهواء بفعل الرياح.
- غبار المصانع.

**وللغبار وظائف هامة منها:**

- يعمل الغبار على انتشار أشعة الشمس وضوئها وإنارة الغلاف الغازي ولولا وجوده لظهرت الشمس كبقعة مضيئة جدا في سماء مظلمة لا نور فيها ولأمكن رؤية النجوم وسط النهار ولانعدم ضوء الشفق قبل الشروق وبعد الغروب.
- يعمل الغبار المنتشر في الغلاف الغازي على حفظ التي يشعها سطح الأرض.
- يتكاثف بخار الماء حول ذرات الغبار المتطاير في الجو.
- يخفف من تأثير الأشعة فوق البنفسجية والتي إذا زادت كثيرا أضرت بالكائنات الحية.

**طبقات الغلاف الغازي:**

تشكل طبقات الغلاف الغازي المجال الهوائي الحيوي ومزيج لجزيئات غازية وصلبة منها ما يعود لأصل ارضي ومنها ما يعود لأصل فضائي. ويتفق حاليا معظم العلماء على ان 1000 كلم من الارتفاع هو الحد الأقصى لها وذلك لندرة جزيئات الهواء في هذا المستوى من الارتفاع وحيث تنعدم ملاحظة الظواهر (exosphère) ولذلك نجد لدى علماء الطقس تصنيف الطبقات الغازية للأرض تستند على التوزيع الرأسي للحرارة فعلى سبيل المثال نجد طبقة التربوسفير تتميز بـ (– 50° س) فوق الأقطاب وعلى ارتفاع 7 كلم و(– 56°) فوق خط الاستواء على ارتفاع 16 كلم.

ويشكل مجال التربوسفير 90 ٪ من الكتلة الهوائية الموجودة في الغلاف الغازي للأرض و100٪ من بخار ماء الأرض بغض النظر عن كونه موقع نشوء الظواهر المناخية كما يبين ذلك علم الطقس يلي هذه الطبقة الستراطوسفير او (ozonosphère) التي تمتد الى حدود 50 كلم من الارتفاع بمعدل حرارة يقارب الصفر درجة حيث تتميز بوجود عواصف الرياح الشديدة التي تبلغ سرعة 350 كلم في الساعة وحيث تقوم اشعة الإصطاع الشمسي بتحويل قسم من الأكسجين ($O_2$) الى اوزون ($O_3$) .

اما في طبقة الميزوسفير الموالية والتي تمتد الى حدود 80 كلم من الارتفاع فإن درجة الحرارة تنخفض لتصل الى (– 90° س) ثم بعد ذلك تنعكس الظاهرة نحو الارتفاع الحراري.

طبقة الترموسفير اي الطبقة الحرارية وهي المجال المتميز بالتغير الحراري اليومي من جهة وارتفاع درجة الحرارة التدريجي كلما ارتفعنا راسيا عن السطح لتفوق 150° بعد 200 كلم من الارتفاع.

والجدير بالذكر هنا أن كلا من الميزوسفير والترموسفير هما مصرحا لتشكل طبقات مشحونة بالأيونات تجمع تحت اسم اليونوسفير وتلعب دورا كهرمغناطيسيا هاما في امتصاص أو انعكاس بعض الأمواج الكهرمغناطسية (الأشعة اللاسلكية) او بزوغ الإبهار الضوئي في القطب او العواصف المغنطيسية.

ويقسم الغلاف الغازي من حيث الهواء إلى ثلاثة طبقات كبرى تمتاز كل منها بعدة خصائص وهي:

1. التروبسفير:

وهي الطبقة السفلة من الغلاف الغازي، ويتراوح سمكها ما بين 9 الى 15 كلم، ويزيد هذا السمك في المناطق المدارية ويقل عند القطبين وتشتمل هذه الطبقة على ثلاثة ارباع الغلاف الغازي، كما أنها تشتمل على جميع ظاهرات الطقس والمناخ من حرارة وضغط ورياح وتساقط، وتقل درجة الحرارة في هذه الطبقة بالارتفاع بمعدل درجة واحدة مئوية لكل 150 متر، ويطلق على التروبوبوس: اي المجال الفضائي الواقع بين سطح الأرض و10 كلم من الارتفاع. المجال الحيوي الغازي الأدنى وينتهي بالتروبوبوز اي الحد الأعلى لمعيشة الإنسان.

2. ستراتوسفير:

هو المجال الفضائي الواقع بين طبقتي التروبوسفير والميزوسفير اي بين 10 و60 كلم من الارتفاع. ويتراوح سمك هذه الطبقة حوالي 50 كلم وتمتاز بثبات درجة حرارتها وخلوها من العواصف.

3. اليونوسفير:

هو المجال الفضائي الواقع فوق طبقة الستراطوسفير ما بين 60 و600 كلم تقريبا حيث تتم الظاهرة الأيونية اي الطبقة العليا من الغلاف الغازي التي

تمتاز بخفة غازاتها (الهيدروجين والهليوم) وببعض الخصائص الكهربائية والتي تجعلها قادرة على عكس الموجات اللاسلكية القصيرة نحو الأرض.

**الدورة العامة للغلاف الجوي:**

الدورة العامة للغلاف الجوي، تعتمد هذه الدورة إلى حد كبير على الطريقة التي تسقط بها أشعة الشمس على أجزاء الأرض المختلفة؛ فحين تسقط عمودية تقريبًا عند خط الاستواء، فإن خط الاستواء يكون حاراً دائما وذا منطقة ضغط منخفض، وعندما تسقط على بقية أنحاء الأرض بزوايا مختلفة، فالزاوية الأكثر حدة تتكون عند القطبين الشمالي والجنوبي، ومن ثم يتلقى القطبان حرارة أقل، وهما منطقتا ضغط مرتفع.

وفي حالة عدم دوران الأرض تتجه الرياح مباشرة من منطقة الضغط المرتفع عند القطبين إلى منطقة الضغط المنخفض عند خط الاستواء، ويتحرك الهواء البارد القادم من القطبين أسفل هواء خط الاستواء الدافئ، ويدفعه إلى أعلى، فيتجه نحو القطبين. وتستمر حركة الهواء بين القطبين وخط الاستواء على هذا النحو بصفة دائمة.

ولكن يمنع دوران الأرض الرياح القادمة من القطبين وخط الاستواء من الاتجاه مباشرة نحو الشمال أو الجنوب. ونتيجة لدوران الأرض من الغرب إلى الشرق، تبدو الرياح التي تهب نحو خط الاستواء وكأنها تأخذ شكلاً منحنيًا نحو الغرب، في حين أن الرياح التي تبتعد عن خط الاستواء، تبدو وكأنها تأخذ شكلاً منحنيًا نحو الشرق. ويسمى هذا الأمر مفعول كريوليس. ونتيجة لمفعول كريوليس، تتكون دورة الغلاف الجوي العامة من الرياح التي تدور حول الأرض في نطاقات عريضة. وهناك ستة نطاقات من هذه الرياح السائدة، ثلاثة في نصف الكرة الشمالي، وثلاثة في نصف الكرة الجنوبي. وتعرف بالرياح التجارية، والرياح الغربية السائدة، والرياح القطبية الشرقية.

تهب الرياح نحو خط الاستواء. ولما كانت منطقة خط الاستواء حارة جداً، فإن الهواء الذي يعلوها يتصاعد بصفة دائمة، وعندما يتصاعد الهواء، تأتي الرياح التجارية من الشمال والجنوب لتحل محله. وبسبب مفعول كريوليس تبدو الرياح التجارية وكأنها تهب من جهة الشرق، ونتيجة لدوران الأرض، يتحرك الطقس في منطقة الرياح من الشرق إلى الغرب. وتلتقي الرياح القادمة من الشمال والجنوب بالقرب من خط الاستواء في منطقة تسمى حزام النسيم الهادئ. وعادة ما يكون حزام النسيم الهادئ هادئاً، لكنه ممطر إلى حد كبير، وقد تجتاحه أحياناً رياح عاصفة على فترات.

وتهب الرياح الغربية السائدة إلى الشمال من الرياح في نصف الكرة الشمالي، وإلى الجنوب منها في نصف الكرة الجنوبي، وتبتعد عن خط الاستواء، وتبدو كأنها تهب من الغرب بسبب مفعول كريوليس، ويتحرك الطقس في منطقة الرياح الغربية السائدة من الغرب إلى الشرق.

وهناك منطقة تسمى عروض الخيل، تفصل بين الرياح الغربية السائدة والرياح التجارية. لأن هذه الرياح – الغربية السائدة والتجارية – يتباعد كل منهما عن الآخر، لذا فإن الهواء في منطقة عروض الخيل يتحرك إلى أسفل لملء الفراغ. والرياح في عروض الخيل عادة خفيفة السرعة. وربما أطلق البحارة الأسبان هذا الاسم على هذه المنطقة لأنهم كانوا يجلبون الخيول إلى أمريكا في القرن السابع عشر الميلادي. وبسبب ضعف رياحها كانت سفن كثيرة من سفنهم الشراعية تتوقف في هذه المنطقة مدة طويلة، تنفد معها مياه الخيول فيضطرون إلى الإلقاء بها في مياه المحيط.

وتهب الرياح القطبية من القطبين الشمالي والجنوبي. فالهواء الموجود على القطبين يهبط إلى أسفل لأنه بارد جداً، وعندما يصل إلى الأرض، ينتشر ويتحرك نحو خط الاستواء، مكوِّناً الرياح القطبية الشرقية. ويجعل مفعول كريوليس هذه الرياح تبدو وكأنها تهب من الشرق. ويتحرك الطقس في منطقة الرياح القطبية

من الشرق إلى الغرب. وتلتقي الرياح القطبية والرياح الغربية السائدة عند الجبهة القطبية وهي منطقة غائمة ممطرة. ويوجد فوق الجبهة القطبية حزام من التيارات الغربية النفاثة على بعد حوالي 10– 15كم فوق الأرض، وقد تزيد سرعة هذه التيارات على 320كم في الساعة.

**حالات جوية متطرفة سُجّلت حول العالم:**

اعلى درجة حرارة رُصدت على سطح الأرض كانت 58°م في مدينة العزيزية بليبيا في يوم 13 ديسمبر 1922م.

اقل درجة حرارة رصدت على سطح الأرض كانت – 89,2°م في محطة فُوسْتُك بانتاركتيكا في 21 يوليو عام 1983م.

اعلى ضغط جوي عند مستوى سطح البحر سُجّل في أجَاتَا فيما كان يعرف بالاتحاد السوفييتي في 31 ديسمبر عام 1968م، عندما وصل الضغط الجوي البارومتري إلى 81,31سم او 108,4 كيلو باسكال.

اقل ضغط جوي عند سطح البحر قدر بـ 65,25سم او 87كيلو باسكال، اثناء حدوث إعصار التايفون الاستوائي في بحر الفلبين في 12 اكتوبر عام 1979م.

اقوى سرعة للرياح تم قياسها على سطح الأرض سجلت على جبل وَاشِنْطن في نيوهامبشاير بالولايات المتحدة في 12 أبريل عام 1934م. وقد بلغت سرعة إحدى عواصف الرياح 372 كم في الساعة.

أشد الأماكن جفافًا على الأرض توجد في أرِيكَا، في تشيلي حيث بلغ معدل كمية المطر السنوي خلال 59 عاما 0,76 ملم، ولم يسقط مطر قط في اريكا لمدة 14عامًا.

اغزر مطر سجل خلال 24 ساعة بلغ 186,99سم في 15 – 16 مارس عام 1952م في سيلاوس على جزيرة ريونيون بالمحيط الهندي.

واكبر كمية مطر هطلت في عام واحد كانت في تشرَابُنجي بالهند، إذ بلغت 2646,12 سم في الفترة من اغسطس 1860م إلى يوليو 1861م. واكثر الأماكن مطرًا هو تُوتُونِنْدُو بكولومبيا حيث يبلغ معدل المطر السنوي 1177سم.

اكبر معدل لتساقط الثلوج سجل في 24 ساعة بلغ 193 سم، كان في سِلْفَرلِيْك في كولورادو بالولايات المتحدة في 14– 15 ابريل عام 1921م.

واكبر معدل ثلوج سجل في شتاء واحد بلغ 2,850 سم وكان في رِيْنِيَرْ بَرادَايزْ رِينْجَرَ سْتَيْشَنْ في ولاية واشنطن بالولايات المتحدة عامي 1971– 1972م.

أكبر معدل لسقوط البَرَد سُجل في كوفيفيل، في كنساس بالولايات المتحدة في 3 سبتمبر عام 1970م، حيث بلغ قطر حبة البرد الواحدة 44,5 سم وبلغ وزنها 0,76كجم.

## نُظُم الضغط الجوي:

هي أنظمة الضغط المرتفع والضغط المنخفض التي تغطي منطقة كبيرة للغاية قد تصل مساحتها إلى 2,5 مليون كم$^2$. وتتشكل معظم نظم الضغط على طول الجبهة القطبية. وهناك تهب الرياح القطبية الباردة والرياح الغربية السائدة الأكثر دفئًا محاذية كل منهما الأخرى مُكوِّنة رياحًا دوارة تسمى دوامات هوائية. وتحمل الرياح الغربية تلك الدوامات إلى الشرق. وهناك نوعان من هذه الدوامات: الأعاصير الحلزونية والأعاصير الحلزونية المضادة.

والأعاصير الحلزونية التي تكونها الدوامات ليست هي نفس العواصف المعروفة بالأعاصير المدمرة. فرياح الدوامات التي تكوِّن الأعاصير الحلزونية تدور إلى

الداخل نحو مركز الضغط المنخفض، مكونة الإعصار الحلزوني ومنطقة ضغط منخفض. ونتيجة لدوران الأرض، تتحرك الرياح المصاحبة للأعاصير التي تتشكل شمالي خط الاستواء باتجاه مضاد لحركة عقارب الساعة. أما الأعاصير الحلزونية التي تتشكل جنوب خط الاستواء فتتحرك الرياح المصاحبة لها باتجاه حركة عقارب الساعة. وفي أمريكا الشمالية، تقترب الأعاصير الحلزونية عمومًا من الرياح، فتجلب معها عادة السحب وتساقط المطر أو الثلج.

وتدور الرياح المصاحبة للأعاصير الحلزونية المضادة نحو الخارج حول مركز الضغط المرتفع، مكونة نظام ضغط مرتفع، وتتحرك هذه الرياح باتجاه حركة عقارب الساعة شمال خط الاستواء، وتدور باتجاه مضاد لحركة عقارب الساعة جنوبه. وتأتي الأعاصير الحلزونية المضادة بعد الأعاصير الحلزونية فتجلب معها طقسًا جافًا، تصحبه رياح خفيفة.

**الكتل الهوائية:**

هي كميات هائلة من الهواء تتكون فوق مناطق درجة حرارتها ثابتة إلى حد ما، فتكتسب درجة حرارة هذه المناطق. وقد تغطي الكتل الهوائية مساحة تصل إلى 13 مليون كم$^2$.

وتبعث الدورة العامة للغلاف الجوي بصفة مستمرة كتلاً هوائية من منطقة إلى أخرى، فتكتسب درجة حرارة المنطقة التي تتحرك فوقها، لكن ذلك يتم ببطء شديد بسبب كبر حجمها. وتؤثر الكتلة الهوائية على طقس المنطقة إلى أن تتمكن هذه المنطقة من تغيير تلك الكتلة الهوائية تغييرًا جوهريًا.

**وهناك أربعة أنواع رئيسية من الكتل الهوائية:**

1. قطبية قارية.
2. مدارية قارية.

3. قطبية بحرية.

4. مدارية بحرية.




والكتل الهوائية القطبية القارية باردة – جافة وتتشكل على مناطق مثل جرينلاند، وشمالي كندا، والأجزاء المتطرفة شمالي آسيا وأوروبا. أما الكتل الهوائية المدارية القارية فهي حارة جافة، وتتشكل على مناطق مثل شمالي إفريقيا وشمالي أستراليا. والكتل الهوائية القطبية البحرية رطبة معتدلة البرودة، وتتشكل على الأجزاء الشمالية والجنوبية من المحيطين الهادئ والأطلسي، أما الكتل الهوائية المدارية البحرية فرطبة دافئة، وتتشكل على أواسط المحيطين الهادئ والأطلسي وعلى المحيط الهندي.

الجبهات الهوائية:

عندما تلتقي كتلة هواء بارد مع كتلة هواء دافئ، فإنهما يكوّنان منطقة تسمى جبهة. وهناك نوعان رئيسيان من الجبهات: جبهات باردة وجبهات دافئة. وفي حالة الجبهة الباردة، تتحرك كتلة متقدمة من الهواء البارد تحت كتلة من الهواء الدافئ الذي يُزاح إلى أعلى، ويحل محله الهواء البارد عند مستوى سطح الأرض.

وتحدث معظم التغيرات الجوية على طول الجبهات الهوائية. وتعتمد حركة الجبهات على طبيعة تكوين نظم الضغط الجوي. فالأعاصير الحلزونية

تدفع الجبهات إلى الأمام بسرعة 32– 48كم في الساعة، في حين تهب الأعاصير الحلزونية المضادة على المنطقة بعد ان تكون الجبهة الهوائية قد تجاوزتها.

وتُحدث الجبهات الباردة تغيرات مفاجئة في الطقس. ويعتمد نوع التغيرات إلى حد كبير على كمية الرطوبة في الهواء الذي تجري إزاحته، فقد تجلب الجبهة طقسًا غائمًا جزئيًا، لكن دون تساقط إذا كان الهواء جافًا، أما إذا كان رطبًا، فقد تتشكل سحب كبيرة تجلب المطر والثلج. ويكون التساقط الذي تحدثه معظم الجبهات الباردة كثيفا، إلا أنه لا يستمر طويلاً، وقد تجلب أيضًا رياحًا شديدة. ويُحدث مرور معظم الجبهات الباردة هبوطًا حادًا في درجة الحرارة، وتصفو السماء بسرعة، وتقل الرطوبة.

وتُحدث الجبهات الدافئة تغيرات تدريجية في الطقس أكثر من الجبهات الباردة. وتعتمد هذه التغيرات اساسًا على رطوبة كتلة الهواء الدافئ المتقدمة، فقد تتكون سحب خفيفة. ويكون التساقط قليلاً أو معدومًا إذا كان الهواء جافًا، أما إذا كان الهواء رطبًا، فإن السماء تصبح رمادية اللون، وقد يسقط مطر خفيف منتظم أو ثلج لعدة أيام، وفي بعض الحالات يتكون ضباب كثيف. وعادة ما يصحب الجبهات الدافئة ارتفاع حاد في درجة الحرارة، وتصفو السماء، وتزداد الرطوبة.

وتتحرك الجبهات الباردة أسرع من الجبهات الدافئة بمعدل الضّعف تقريبًا. نتيجة لذلك، غالبًا ما تلحق الجبهات الباردة بالجبهات الدافئة. وعندما تصل جبهة باردة إلى جبهة دافئة تشكل جبهة منتهية. وهناك نوعان من الجبهات المنتهية: جبهات باردة منتهية وجبهات دافئة منتهية. في الجبهة الباردة المنتهية، يكون الهواء خلف الجبهة الباردة أبرد من الهواء أمام الجبهة الدافئة. ويشبه جو الجبهة الباردة المنتهية جو الجبهة الباردة. وفي حالة الجبهة الدافئة المنتهية يكون الهواء خلف الجبهة الباردة أكثر دفئا من الهواء أمام الجبهة الدافئة. ويشبه جو الجبهة الدافئة المنتهية جو الجبهة الدافئة. لكن الجو الذي تحدثه الجبهات المنتهية اقل تطرفا من الجو الذي تحدثه الجبهات الباردة والجبهات الدافئة.

وتحدث جبهة من نوع آخر عندما تلتقي كتلة هوائية باردة بكتلة هوائية دافئة، لكنهما يتحركان حينئذ قليلا. وتُسمى مثل هذه الجبهة جبهة رابضة (مستقرة)، وقد تظل فوق منطقة ما لعدة أيام. وعادة ما يكون طقس الجبهة الرابضة معتدلاً.

## كيفية تأثير المعالم الجغرافية على الطقس:

عندما تهب رياح من المحيط على جبل ما، يتصاعد الهواء ويبرد، ويتكثف بخار الماء في الهواء، وتتكون سحب كبيرة، وتغطي السحب قمم بعض الجبال طوال الوقت. وبسبب تيارات الهواء المتصاعد، يتساقط عادة على ذلك الجانب من الجبل الذي يواجه الرياح مطر وثلج أكثر مما يتساقط على الجانب الآخر. وفي بعض سلاسل الجبال، تكثر الحياة النباتية على الجانب المواجه للرياح عن الجانب الآخر، وعندما تهب الرياح على جبل ما، وتنحدر على الجانب الآخر، يصبح الهواء أكثر دفئًا، وتتبخر السحب.

المعالم الجغرافية للأرض. تؤثّر المعالم الجغرافية للأرض فيه من عدة نواح، وابرز هذه المعالم تأثيرًا الجبال والمسطحات المائية الشاسعة، مثل المحيطات والبحيرات الضخمة. ويمكن أن يتأثر الطقس حتى بالاختلاف الجغرافي بين المدينة والريف.

وعندما تهب الرياح على الجبال، يتصاعد الهواء، ويبرد، ويتكثف بخار الماء في الهواء، وتتكون السحب، وتغطي قمم بعض الجبال طوال الوقت. وبسبب تيارات الهواء المتصاعد، يتساقط عادة على ذلك الجانب من الجبل الذي يواجه الرياح مطر وثلج أكثر مما يتساقط على الجانب الآخر.

وعندما يتحرك الهواء فوق جبل ما، ويهبط على الجانب الآخر، يصبح أكثر دفئا، ويكتسب الرطوبة عن طريق التبخر. ففي جبال الروكي بالولايات المتحدة . على سبيل المثال . تهب أحيانًا رياح دافئة جافة، تهبط على المنحدرات

الشرقية، وتسمى رياح الشينُوك. وقد ترفع هذه الرياح درجة الحرارة عند سفح الجبل إلى 22°م في ثلاث ساعات، ويمكن أن تذيب الثلج على الأرض بمعدل يقرب من 2,5سم في الساعة. ومثل هذه الرياح تهب أيضًا على جبال الألب وغيرها من السلاسل الجبلية الأوروبية، حيث تعرف باسمها الألماني رياح الفونة الدافئة الجافة.

وتساهم المحيطات في التغيرات التي تطرأ على درجة الحرارة في المناطق الساحلية. وتمتص الأرض حرارة الشمس أسرع من المحيطات، غير أن المحيطات تمتص كمية حرارة أكبر، وتحتفظ بها لمدة أطول. وأثناء النهار، تصبح الأرض على طول الخطوط الساحلية أكثر دفئا من البحار. نتيجة لذلك، يتصاعد الهواء للأرض، ويهب نسيم البحر البارد ليحل محله. وفي المناطق ذات المناخ الاستوائي، قد يسبب نسيم البحر هبوطًا في درجة الحرارة يتراوح بين 8 و11°م خلال نصف ساعة. وللبحيرات الكبيرة. مثل البحيرات العظمى في أمريكا الشمالية. تأثير مماثل على الطقس. ففي فصل الصيف. على سبيل المثال. لا ترتفع حرارة البحيرات قط إلى درجة حرارة الأراضي المحيطة بها، وأثناء النهار، يهب نسيم البحيرة على الخط الساحلي، ويجعله أكثر برودةً من المناطق الداخلية.

وغالبًا ما تكون درجات الحرارة في المدن أعلى منها في المناطق الريفية المحيطة بها، إذ تُوَلّد السيارات والمصانع ونظم تدفئة المباني في المدن قدرًا كبيرًا من الحرارة المضافة. وعلاوة على ذلك، تمتص السطوح. مثل سطوح الأرصفة والمباني. قدرًا كبيرًا من حرارة الشمس، ومن ثم تدفئ الهواء.

وتبعث السيارات والمصانع، ومحطات التدفئة في المدن أيضًا بملوثات إلى الهواء تحتوي على جسيمات مختلفة من المواد الصلبة والسائلة. ويتكثف بخار الماء على هذه الجسيمات، مكونًا قطرات المطر. ولذا، فإن معظم المدن أكثر مطرًا من المناطق المحيطة بها. وبالإضافة إلى ذلك، قد يؤثر ضوء الشمس في ملوثات معينة، ويُكوِّن غازًا يسمى بالأوزون. ويمكن للأوزون . إذا ما وجد بكميات كبيرة . أن يقتل النباتات، ويصيب عيني المرء وأنفه وحلقه بالتهيج. وهناك حالة جوية تعرف

بالانقلاب الحراري تُمكن الملوثات من التراكم فوق المدن. ويحدث الانقلاب الحراري عندما تستقر طبقة من الهواء الدافئ فوق طبقة من الهواء البارد قريبة من الأرض، مما يمنع الملوثات من التصاعد والتناثر.

**ان حركة الرياح هي نتيجة لعاملين:**

1. التسخين الغير متساوي لسطح الأرض.
2. دوران الأرض حول نفسها.

**نتيجة للعامل الأول يتكون لدينا:**

1. مناطق للضغط المرتفع عند القطب.
2. مناطق للضغط المنخفض عند خط الاستواء.
3. حركة صاعدة عند الاستواء.
4. حركة هابطة عند القطب.
5. تشكل منطقة التجمع المدارية I T C Z نتيجة للعاملين.

بما ان القطب يسيطر عليه ضغط مرتفع وبالتالي كما نعلم سوف تتحرك الرياح من الضغط المرتفع باتجاه الضغط المنخفض أي باتجاه خط الاستواء ولكن هذه الرياح سوف تنحرف إلى اليمين تحت تأثير قوة كوريولس هذه القوة نتيجة لدوران الأرض حول نفسها وتؤثر فقط على الأجسام المتحركة وهذه القوة تكون عمودية على اتجاه الحركة والى اليمين من هذا الاتجاه في النصف الشمالي للكرة الأرضية والى اليسار منه في النصف الجنوبي للكرة الأرضية وتعطى بالعلاقة التاليةق = 2 × (السرعة الزاوية لدوران الأرض × سرعة الجسيم × جب زاوية خط العرض) حيث ان هذه القوة معدومة عند خط الاستواء وتزداد كلما اتجهنا باتجاه القطب ويصبح اتجاه الرياح شماليا شرقيا ويزداد هذا الانحراف كلما تقدمت الرياح حتى تصبح الرياح شرقية تماما اي لا تستطيع الوصول إلى خط الاستواء. مع ملاحظة ان المرتفع الموجود على السطح عند القطب هو نتيجة لتفرق الهواء

الهابط من المستويات العليا حيث إن الهواء الهابط يسخن ذاتيا وبالتالي لن تتشكل الغيوم ويؤدي إلى حدوث استقرار في الجو.

- الضغط عند خط الاستواء قليل وبالتالي سوف تتحرك الرياح من المناطق القريبة من خط الاستواء باتجاه الضغط المنخفض حيث تتجمع ثم تقوم بحركة صاعدة فإذا كانت الريح رطبة ستتشكل العواصف الرعدية والغيوم البرجية(ITCZ).
- الرياح القادمة باتجاه الضغوط المنخفضة سوف تنحرف إلى اليمين في النصف الشمالي مشكلة الرياح الشمالية الشرقية، وتنحرف إلى اليسار في النصف الجنوبي مشكلة الرياح الجنوبية الشرقية.
- عند خط الاستواء تتجمع الرياح الشمالية والجنوبية الشرقية ثم تتشكل حركة صاعدة للرياح إلى المستويات العليا ثم تتفرق الرياح باتجاه الأقطاب.
- في النصف الشمالي للكرة الأرضية وعلى المستويات العليا تتحرك الرياح باتجاه القطب الشمالي لكنها تنحرف إلى اليمين تحت تأثير قوة كوريولس لتصبح جنوبية غربية وهذا الانحراف يزداد كلما تقدمت الرياح حتى تصبح الريح غربية تماما وابرد مما كانت عليه.
- عند خط 30°تتخلى الرياح عن قسم من طاقتها وكمية حركتها الزاوية مشكلة التيار النفاث المداري subtropical jet stream ثم يهبط الهواء بما تبقى معه من طاقة وكمية حركة زاوية ليشكل ثلاث مرتفعات على السطح وهي مرتفع الآزور، افريقيا، هاواي وذلك في النصف الشمالي للكرة الأرضية ومرتفع مسكرينا، افريقيا، سانتي هيلين وذلك في النصف الجنوبي من الكرة الأرضية.
- من الحدود الغربية لهذه المرتفعات السطحية تتجه الرياح الساخنة شمالا ثم تنحرف باتجاه اليمين لتصبح جنوبية غربية. عند خط 60 ° تلتقي الرياح الجنوبية الغربية الدافئة مع الرياح الشمالية الشرقية الباردة لتشكلان الجبهة القطبية والمنخفضات المرتحلة على السطح والتيار النفاث القطبي polar jet

stream في المستويات العليا حيث هذه الجبهة تكون قوية على السطح ثم تصعد الرياح إلى الأعلى حيث تتفرق فقسم منه يهبط على القطب مشكلا المرتفع القطبي والقسم الأخر يهبط عند خط 30 ° شمالا.

- نتيجة لهذين العاملين لدينا أحزمة الضغط التالية:

1. المرتفع القطبي يشغل منطقة القطب حتى خط عرض 60° شمالا.
2. المنخفضات الجبهوية او المنخفضات المرتحلة تشغل المنطقة من 60 ° شمالا حتى 30° شمالا.
3. المرتفعات المدارية محاورها على خط 30 ° شمالا وهي المسؤلة عن تغذية المنخفضات الاستوائية بالريح التجارية الشمالية الشرقية كذلك تؤمن الريح الحارة للمنخفضات المرتحلة وذلك في النصف الشمالي للكرة الأرضية.
4. المنخفضات الحرارية (منخفضات الاستواء) وهي تترافق مع منطقة التجمع المدارية I T C Z.

كما يتكون نتيجة لهذين العاملين ثلاث جبهات:

1. الجبهة القطبية.
2. الجبهة المدارية.
3. (I T C Z منطقة التجمع المدارية).

**الجبهة القطبية:**



تفصل الكتل الهوائية القطبية عن الكتل الهوائية لمناطق العروض الوسطى موقعها الوسطي على خط عرض 40 ° شمالا او جنوبا، مجال تنبذبها من 10 إلى 15 °خط عرض، تكون مترافقة بحزام من الغيوم والأمطار تكون قوية على السطح ومترافقة بالتيار النفاث القطبي الذي يتشكل نتيجة لتجمع الرياح الحرارية.

**الجبهة المدارية:**




تفصل الكتل الهوائية لمناطق العروض الوسطى عن الكتل الهوائية المدارية، موقعها الوسطي على خط عرض 30 ° شمالا او جنوبا، مجال تنبذبها من 10 إلى

15 ° خط عرض، لا تترافق بهطولات مطرية وإنما فقط ببعض الغيوم المتوسطة والعالية، هذه الجبهة ضعيفة على السطح تكون مترافقة مع التيار النفاث المداري في المستويات العليا من الجو يمكن تحديدها على الخرائط السطحية بفصل الرياح الشمالية عن الرياح الجنوبية او إيجاد البعد الحراري اي الفرق بين درجة الحرارة الجافة والرطبة فكلما كان كبيرا يعني ان الكتلة جافة وكلما كان صغيرا اي الكتلة رطبة والجبهة تفصل بين الكتلتين. التيار النفاث المداري موقعه شتاء على خط عرض 25 ° شمالا وصيفا على خط عرض 40° شمالا وارتفاعه شتاء 12 كم و14 كم صيفا وهو يتشكل نتيجة لانتقال كمية الحركة الزاوية. الهواء عند الاستواء له كمية حركة زاوية = (السرعة الزاوية × مربع نصف قطر الكرة الأرضية) بينما عند القطب كمية الحركة الزاوية معدومة للهواء، الحقيقة كمية الحركة الزاوية للهواء ليست موزعة بانتظام ولكن عند الحدود الشمالية لخلية هادلي هناك تمركز عالي لكمية الحركة الزاوية وهي المسؤلة عن تشكيل التيار النفاث المداري.

- منطقة التجمع المدارية I T C Z ، موقعها الوسطي 5° شمالا تذبذبها بين 10° خط عرض فوق المحيطات و30° خط عرض فوق القارات هذه الجبهة تترافق بالعواصف الرعدية والأمطار حيث أن هذه الجبهة تفصل بين الكتلتين الهوائيتين المداريتين لنصفي الكرة الأرضية، فوق القارات تدعى جبهة بين المدارية I T F وتكون هذه الجبهة أكثر وضوحا في حال اختلاف صفات الكتلتين على جانبي الجبهة من حيث درجات الحرارة والرطوبة، عند تقارب صفات الكتلتين على جانبي الجبهة ويحدث هذه فوق المحيطات تأخذ الجبهة شكل منطقة تجمع للهواء يسمى منطقة التجمع المدارية I T C Z ، تحدد هذه الجبهة على الخرائطالسطحية فوق القارات برسم خط 15° لنقطة الندى وفوق المحيطات بفصل الرياح الشمالية عن الجنوبية، تتشكل العواصف الرعدية إلى الجنوب من هذه الجبهة حيث تكون الكتلة الهوائية رطبة دوما.

## تأثير حركة الشمس الظاهرية على الحركة العامة للرياح:

ان الشرح السابق تم على أساس إن الشمس تكون عمودية على خط الاستواء الجغرافي، أي في فصل الربيع والخريف، في فصل الشتاء الشمالي والصيف الشمالي تتحرك الشمس ظاهريا جنوبا وشمالا على الترتيب وبالتالي سوف تتحرك انظمة الطقس جنوبا وشمالا مع حركة الشمس الظاهرية والتغيرات الهامة التي تحدث:

1. في فصل الشتاء تعبر الرياح الشمالية الشرقية خط الاستواء وتتحول الى شمالية عند خط الاستواء لانعدام قوة كوريولس وشمالية غربية جنوبية.
2. في فصل الصيف تعبر الرياح التجارية الشرقية خط الاستواء وتتحول تحت تأثير قوة كوريولس إلى جنوبية عند خط الاستواء وجنوبية غربية شماله. وهذه الرياح هي المسؤلة عن هطول الأمطار في مناطق البحيرات العظمى منبع النيل وتشكيل جبهة بين المدارين I T F. وتسمى الرياح الموسمية وتكون أكثر وضوحا في وسط أفريقيا وجنوب وشرق أسيا.

## تأثير اختلاف سطح الأرض على الحركة العامة للرياح:

صيفا تكون درجة الحرارة لليابسة اعلى من درجة الحرارة للمحيط والعكس شتاءا. ولما كانت زيادة درجة الحرارة تؤدي الى تقليل الكثافة وبالتالي الى انخفاض الضغط حسب العلاقة التالية الكثافة = الضغط ÷ (درجة الحرارة × ثابت الغاز) والعكس صحيح. لذلك فانه:

1. في فصل الشتاء تزداد شدة الارتفاعات الجوية فوق اليابسة وتقل فوق البحار مثل المرتفع السيبيري الذي يسيطر على أسيا شتاء وتتعمق المنخفضات فوق البحار مثل منخفضات المتوسط وشمال الأطلسي.

2. في فصل الصيف تزداد الانخفاضات الجوية فوق اليابسة مثل المنخفض الموسمي الهندي وتقل فوق البحار. كما تزداد الارتفاعات الجوية فوق البحار وتقل فوق اليابسة.

**الغلاف المائي:**

يطلق اسم الغلاف المائي على جميع أشكال وصور المياه على سطح الأرض وفي باطنها كوكب الأرض هو كوكب مائي حيث ان نسبة المياه على الأرض تقدر بحوالي 71٪.

**انواع المياه:**

المياه العذبة وتقدر بحوالي 8، 2 ٪ وتتكون من غطاءات وانهار جليدية بنسبة 15، 2 ٪ والمياه الجوفية بنسبة 63، 0 ٪ وبحيرات عذبة وانهار وبخار ماء بنسبة 0.02٪ المياه المالحة وتقدر بحوالي 2، 97 ٪ وتتكون من البحار والمحيطات.

**تعريف المحيطات:**

هي مسطحات مائية مالحة لكنها أكبر من البحار.

**ترتيب المحيطات من حيث المساحة:**

1. المحيط الهادي: 165 مليون كم$^2$.
2. المحيط الأطلنطي 82 مليون كم$^2$.
3. المحيط الهندي 74 مليون كم$^2$.
4. المحيط المتجمد الشمالي 14 مليون كم$^2$.

1. البحر الأحمر.
2. بحر العرب.
3. بحر الصين.
4. بحر اليابان.
5. البحر الأسود.
6. البحر المتوسط.

**أنواع البحار:**



(أ) البحار المفتوحة: هي البحار التي تتصل بالمحيطات بفتحات واسعة مثل بحر العرب وبحر الصين وبحر اليابان.

(ب) البحار شبه المفتوحة أو شبه المغلقة: هي البحار التي يحيط بها اليابس من ثلاث جهات وتتصل بالبحار أو المحيطات بواسطة فتحات يطلق عليها المضائق مثل البحر المتوسط والبحر الأحمر والبحر الأسود.

(ج) البحار المغلقة: هي البحار التي تحيط بها اليابس من جميع الأتجاهات ولا تتصل بأي بحر او محيط مثل البحر الميت وبحر قزوين.

**اهمية البحار والمحيطات:**

لم تعد المحيطات كما كانت قبل الكشوف الجغرافية القرنين 15م حواجز طبيعية ينتهي عندها العالم كما كان الإعتقاد السائد، بل تحولت إلى ميادين للتنافس الدولي وطرق رئيسية للتجارة والنقل، وحقولا واسعة لصيد الأسماك والحيتان وميدانا يتبارى فيه العلماء الباحثون من مختلف التخصصات الدراسية كل مظاهره ومظاهر الحياة في أعماقه، وللبحث عن إمكاناته الإقتصادية وما يمكن أن يساهم به في حل كثير من مشكلات العالم، وخصوصا في مجالات الغذاء ومياه الشرب وإستخراج المعادن والأملاح ونتيجة لكل هذا تعددت إستخدامات البحار والمحيطات وإرتبطت دراسة هذه الإستخدامات بعلوم مختلفى من بينها الجغرافيا.

وليست المصاييف ومراكز الترفيه العديدة على شواطئها والسفن التجارية والحربية والسياحية التي تجوب مختلف اجزائها المظاهر القليلة من مظاهر الإستخدامات.

البحار: إن لفظ بحار يستخدم عادة بمفهومه العام ليشمل كل البحار والمحيطات إلا ان الجغرافيين يميزون بين البحر والمحيط على أساس أن لكل منهما خصائص عامة تميزه عن الأخر، ولكن ليس هناك إتفاق عام على الحد الذي يفصل بين الإثنين إذ كثيرا ما تلتقي البحار والمحيطات بشكل لا يسهل معه وضع حدود فاصلة بينهما وعليه يمكن أن نؤسس التفرقة بينهما على ما يلي:

الإتساع والعمق ومدى افرتباط باليابس وطبيعة المياه من حيث الملوحة والعذوبة وتميز البحار عن المحيطات بـ:

1. صغر مساحة البحر التي لاتزيد في الغالب على 10/1 من مساحة المحيط.
2. يكون البحر دائما محدود بواسطة اليابس في اكثر من جهة أو مقسما بأرخبيل من الجزر.

3. ان عمق البحر غالبا اقل من 1000 مترا إلا غذا كانت توجد على قاعه اخاديد.
4. ان مياه البحر دائما لها خصائص معينة تميزها عن مياه المحيط بل وعن غيره من البحار وذلك بالنسبة للملوحة ومدى التأثير باليابس المجاور مع أن البحار بمفهومها الضيق تشترك في بعض الصفات العامة التي تميزها عن المحيطات فإنها تتباين فيما بينها تباينا كبيرا في مساحتها وأشكالها ومواقعها وأعماقها، ودرجة إرتباطها باليابس بل في نشاتها الأولى ويمكن تقسيمها إلى ثلاث فئات:

1) البحار الهامشية: وهي التي توجد على أطراف المحيطات وتكون متصلة بها بفتحات واسعة مثل البحر الصيني الشمالي والياباني والكاريبي وبحر العرب.
2) البحار المتوسطية: وتتوغل في اليابس وتتصل بالمحيطات في مضايق مثل البحر الأبيض المتوسط والبحار المتفرعة عنه "ادرياتي واليوناني وإيجه" ومثل البحر الأحمر والبلطيقي.
3) البحار الداخلية: توجد في اليابس مثل بحر قزوين والبحر الميت.

مساحات المحيطات ومتوسط اعماقها:

| المحيط | المساحة كم مربع | متوسط العمق م |
|---|---|---|
| المحيط الهادي | 810 مليون كم مربع | 3940 م |
| المحيط الهادي | 106 مليون كم مربع | 2310 م |
| المحيط الهندي | 75 مليون كم مربع | 3840 م |
| المجموع | 361 مليون كم مربع | |
| اليابس | 149 مليون كم مربع | |
| مساحة الأرض | 510 مليون كم مربع | |

**اهمية البحار والمحيطات:**

1. معظم الصخور الرسوبية الموجودة حاليا على القارات تكونت في البحار.
2. أنها أهم عامل جيولوجي يغير معالم قشرة الارض.

**مكونات انحدار قاع البحر:**

1. الشاطئ ثم
2. جرف قاري محدود ثم
3. منحدر قاري ثم
4. السهل العميق

**انواع حركة مياه البحار:**

1. الحركات التي تولدها الرياح هي الأمواج العادية وسببها الرياح.
2. التيارات التي تحدث بين بحرين وسببها اختلاف الحرارة والكثافة فيهما. مثال: التيارات التي تحدث بين البحر الأبيض المتوسط والمحيط الأطلسي: التبخر في البحر الأبيض المتوسط أقوى من التبخر في المحيط الأطلسي لذلك تزداد ملوحة المياه السطحية، وبالتالي كثافتها، فتغوص وتتحرك نحو المحيط الأطلسي عبر مضيق جبل طارق. ويوازي ذلك تحرك المياه السطحية بالاتجاه المعاكس.
3. تيارات المد والجزر، تحدث تحت تأثير القمر والشمس:

أ. مرتين في اليوم أي مدين وجزرين.

ب. المد والجزر الكبيران يتتاليان في المحيط كل أسبوعين.

4. تيارات المحيطات والبحار الكبرى.

5. التحركات الدائرية التي تنتشر عند القطبين سببها / تفاوت درجة حرارة المياه في هذه المناطق.

**اثر حركات مياه البحار:**

1. الرواسب والفتات.
2. اختلاف درجة الحرارة بين المناطق البحرية.

**ينقسم فعل البحار إلى قسمين:**

1. هدام.
2. بناء.

**الفعل الهدام للبحار:**

1. تلتطم الأمواج بالصخور الساحلية وتفككها فتنهار تدريجيا جزءا تلو الأخر.
2. تساعد الأجسام المنقولة ذاتها في هذا العمل إذ تبرى بعضها البعض، فيزداد تفككها.

وبالطبع يكون عمل الأمواج هذا اكثر فعالية على الشواطئ الصخرية البارزة وعلى الصخور الكلسية التي يذيبها ثاني أكسيد الكربون مع ملاحظة تنقل الأمواج المواد الطينية والمواد المحلولة إلى الداخل بينما تبقى الحصى والرمال على الشاطئ.

**الفعل البناء للبحار:**

1. **الحواجز الرملية:**

عندما يصل تأثير الأمواج إلى القاع تستطيع قوة الجزر والمد أن تحرك الحصى والرمال الراكدة،وحسب قوة الدفع تتحرك الحصى والرمال، إما مجرورة او

محمولة نحو الشاطئ ولا تعود تقوى إلا على تحريك الرمال، فتبقى الحصى راسبة في أعلى الشاطئ ويتكون بنتيجة هذا النقل حاجز من الحصى والرمل.

2. الرؤوس والخلجان والمستنقعات المالحة:

الحواجز الرملية التي تتكون لا تكون دائما موازية له، وحسب الظروف تتكون رؤوس وخلجان وجروف وابراج.

3. الأرصفة المرجانية:

تشكل حواجز وجزر في بعض الظروف. والمرجان هو حيوانات ثابتة تشبه الأعشاب، وتعيش جماعيا في المناطق البحرية الصخرية.

الترسيب في البحار:

اكثر من 95٪ من الرسوبيات تتكون في البحار، و5٪ في احواض الترسيب تصنيف الرواسب حسب مصدرها إلى:

1. الرواسب القارية: هي الاجزاء التي انتزعت من صخور سابقة، ووصلت إلى حيث ترسبت، دون تغيير كيميائي مهم واهمها:

أ. الرمل.
ب. الحصى.
ج. الطين.

2. الرواسب الكيميائية: تنفصل عن ماء البحر، في البحيرات الضحلة او المستنقعات، حيث كانت مذابة وتترسب وتنتمي إلى هذه الفئة بعض أنواع الصخور:

1) الصخور الجيرية.

2) الصخور السليكية.

3) الجبس.

4) الاملاح.

5) الرواسب العضوية

تتألف من بقايا الحيونات والنباتات التي تعيش في مياه البحار مثل:

أ. الفوسفات.

ب. الصخور الجيرية ذات المنشأ الحيوي كالصخور المرجانية والصدفية والطباشيرية.

ترتبط اماكن تجمع الرواسب بعوامل عديدة، أهمها:

1. البعد عن الشاطئ.
2. درجة الإنحدار.
3. العمق.
4. وجود الأنهار.
5. تحركات قشرة الأرض.
6. درجة الحرارة.
7. الملوح.

تصنف الرواسب البحرية إلى:

أ. رواسب ساحلية: تغطي فيها الرمال والحصى، وإذا كانت هادئة تترسب معها بعض الوحول الطينية والجيرية. وفي بعض الأمكنة تكون غنية بالأصداف.

ب. رواسب الجرف القاري: تبدأ بالرمال وتتابع بالوحول، وتتكون الارصفة المرجانية والرواسب الكلسية العضوية في هذا المستوى.

ج. رواسب المنحدر القاري. لا توجد إلا الوحول، وانواعها:

1. الوحول الخضراء.
2. الوحول الزرقاء.
3. وحول كلسية غنية بأغلفة كلسية لحيوانات مجهرية.
4. وحول حمراء غنية بأكاسيد الحديد والالمنيوم.

د. رواسب السهل العميق:

تخلو من الرواسب القارية بسبب بعدها عن الشاطئ، وتتألف هذه الوحول العضوية من أغلفة أحياء مجهرية تنتمي إلى ثلاث فئات:

1. وحول الجلوبيجرينا الكلسية.
2. وحول الدياتوم المؤلفة من السليكا، توجد في المناطق الباردة.
3. وحول الراديولاريا المؤلفة من السليكا، توجد في المناطق الحارة. وتوجد في الأغوار العميقة: وحول حمراء:

1) غنية بأسنان الحيتان.
2) معادن طينية.
3) أكاسيد الحديد.

تغير منسوب سطح البحر يتحدد مستوى سطح البحر عند خط الساحل بفعل الكثير من العوامل في المناخ العالمي التي تعمل على نطاق كبير من الفترات الزمنية ابتداء من ساعات (المد) إلى ملايين السنين (التغيرات في حوض المحيط نتيجة لحركة الصفائح الأرضية والترسيب). ففي الفترات الزمنية التي تتراوح بين عقود وقرون، فإن بعضا من أكبر المؤثرات في المستويات المتوسطة لسطح البحر يرتبط بالمناخ وعمليات تغير المناخ.

فإن المحيطات تتسع مع احترار مياهها. فعلى أساس رصدات درجات حرارة المحيطات والنتائج النموذجية، يعتقد ان التمدد الحراري هو أحد العوامل المساهمة

الرئيسية في التغيرات التاريخية في مستوى سطح البحر. وعلاوة على ذلك، فإن من المتوقع أن يسهم التمدد الحراري بأكبر العناصر في ارتفاع مستوى سطح البحر خلال المائة عام القادمة. فدرجات حرارة المحيطات العميقة تتغير ببطء، ولذا فإن التمدد الحراري يمكن أن يستمر لعدة قرون حتى ولو ثبتت تركيزات غازات الدفيئة.

وتتباين كمية الاحترار وعمق المياه المتأثرة بتباين المواقع. وعلاوة على ذلك، فإن المياه الأكثر احترارا تزداد بصورة أكبر من المياه الباردة بالنسبة لتغير معين في درجة الحرارة. والتوزيع الجغرافي للتغير في مستوى سطح البحر ينشأ عن التباينات الجغرافية في التمدد الحراري، والتغيرات في الملوحة، والرياح والدوران في المحيطات. ونطاق التغير الإقليمي كبير بالمقارنة بالمتوسط العالمي لارتفاع مستوى سطح البحر.

كذلك فإن مستوى سطح البحر يتغير عندما تزداد كتلة المياه في المحيطات أو تقل. ويحدث ذلك عندما تتبادل مياه المحيطات مع المياه المخزنة على اليابسة. والمخزون الأرضي الرئيسي هو المياه المجمدة في الجليديات أو صفائح الجليد.

والواقع أن السبب الرئيسي لانخفاض مستوى سطح البحر خلال العصر الجليدي الأخير هو كمية المياه المخزنة في الحجم الكبير للصفائح الجليدية في القارات الواقعة في نص كف الكرة الأرضية الشمالي. فبعد التمدد الحراري، يتوقع أن يقدم ذوبان الجليديات الجبلية والقلنسوات الجليدية أكبر إسهام في ارتفاع مستوى سطح البحر خلال المائة عام القادمة. وهذه الجليديات والقلنسوات الجليدية لا تشكل سوى نسب قليلة من مساحة الجليد الأرضي في العالم إلا أنها أكثر حساسية للتغيرات المناخية من صفائح الجليد الكبيرة في جرينلاند ومنطقة القطب الجنوبي لأن هذه الصفائح في مناخات أكبر برودة مع انخفاض التهطال ومعدلات الذوبان. وعلى ذلك، فإن من المتوقع الا تشكل الصفائح الجليدية الكبيرة له سوى مساهمة واضحة صغيرة في تغير مستوى سطح البحر خلال العقود القادمة

**الخصائص الطبيعية لمياه البحار والمحيطات:**

- تظهر أهمية البحار والمحيطات بالنسبة للإنسان الذي يسكن سطح هذا الكوكب واصبح من الضروري عليه ان يعمل على استغلال هذه المسطحات المائية الواسعة الابعاد احسن استغلال.
- ولذلك كان لابد من اجراء الابحاث الاقيانوغرافية حتى يمكن ان يتعرف الإنسان على كل ما يتعلق بالخصائص العامة للبحار والمحيطات والأحواض المحيطية (حرارة المياه وملوحتها وكثافتها وانضغاطها واختلاف الوانها).

**طبيعة مياه البحار والمحيطات:-**

- تشمل المسطحات البحرية والمحيطية اكثر من 97٪ من جملة المسطحات المائية المتمثلة فوق سطح القشرة الارضية فهي خزانات كبرى مكشوفة السطح تتعرض مياهها للتبخر الشديد في المسطحات المائية الواقعة في العروض المدارية فتتعرض لفعل التكاثف وتسقط على شكل امطار وثلوج وقد تظهر المياه على شكل كتل جليدية صلبة او سائلة او غازية.
- ومن خصائص المياه الطبيعية انها تسخن ببطء وتفقد حرارتها ببطء فالمياه تحتفظ بدرجات الحرارة المرتفعة لفطرة اطول من احتفاظ اليابس بها لذلك المدى الحراري اليومي والفصلي للمسطحات المائية اقل بكثير من الذي يتمثل في هواء اليابس المجاور في نفس العروض.
- ولهذه الخاصية العامل الكبير في تشكيل كل من المناخ البحري (maritime climate) والمناخ القاري (continental climate).

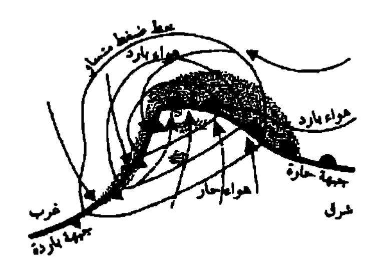
### حرارة مياه البحار والمحيطات:-

- حرارة مياه البحار قادمة من باطن الارض وانها ترتفع بالتوغل في المياه العميقة بالمحيط ولكن العكس ثبت بعد الدراسات واتضح ان مصدر الحرارة هو الاشعاع الشمسي وتختلف الحرارة من مسطح مائي لأخر بل تختلف في المسطح المائي لواحد خلال فصول السنة المختلفة ويرجع ذلك الى عدد من العوامل:-

### العوامل المؤثرة على تباين درجات حرارة المياه:

- الموقع الفلكي للمسطحات المائية ومدى بعدها عن الدائرة الاستوائية.
- زاوية سقوط الاشعة الشمسية فوق المسطحات المائية وطول الفترة الزمنية المتعامدة فيها الاشعة عليها.
- متوسط عدد ساعات سطوع الشمس اليومية او الفصلية او السنوية فوقها.
- تغير الاحوال المناخية فوق المسطحات المؤثرة في درجة حرارة المياه السطحية (مدى تراكم السحب وكمية الامطار الساقطة والرياح السائدة).
- مدى قدرة المياه على امتصاص الاشعة الشمسية ومدى استطاعة الاشعة الشمسية ومدى استطاعة الاشعة على التغلغل في المياه شبه السطحية.
- اثر العوامل الثانوية الاخرى، والمتمثلة في التيارات البحرية،والدوامات المائية وحركة التقليب الرأسية للمياه وحركات المد والجزر.

### خطوط الحرارة المتساوية بمياه البحار والمحيطات:



- هي خطوط انشائية تصل بين مواقع المسطحات المائية المتساوية في درجة حرارتها ويعد ماثيوفونتين مورى m.f.maury عام 1852 اول من اشار اليها عند دراسة الخصائص الطبيعية لمياه البحار.
- ومن المعروف ان اعلى درجات حرارة المياه السطحية لمعظم اجزاء المسطحات المائية بالمحيطات تسجل للشمال من الدائرة الاستوائية فيقع خط الاستواء الحراري Oceanic thermal equator الى الشمال من خط الاستواء الجغرافي بسبب قلة نسبة مساحة المسطحات البحرية بالنصف الشمالى وتأثير الرياح الباردة في النصف الجنوبي.
- ومن الطبيعي ارتفاع درجة حرارة المياه السطحية في العروض المدارية والاستوائية لسقوط الاشعة الشمسية عليها وتنخفض بالاتجاه ناحية القطبين.

**الحرارة النوعية specific heat:**

الحرارة النوعية للمياه تبلغ اربعة أمثال الحرارة النوعية لليابس ومعنى ذلك أن كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة جرام واحد من المياه درجة مئوية واحدة تعادل أربعة أمثال كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة جرام واحد من اليابس درجة مئوية واحدة.(التغير اليومي والفصلى لدرجة حرارة المياه السطحية بالبحار والمحيطات تتوقف على العوامل الآتية:

أ. مدى تراكم السحب فوق المسطحات المائية وخصائصها العامة.
ب. مدى سرعة الخصائص الطبيعية للهواء الملامس لسطح الماء.
ج. مدى سرعة الرياح النوعية (الدائمة والموسمية والاعصارية والمحلية).
د. مدى قدرة المياه على اكتساب الحرارة وتغلغلها للمياه شبه السطحية.
ه. حركات المد والجزر وتاثر المياه السطحية.

تبين ان المياه العميقة تتميز بارتفاع كثافتها وذلك يرجع لارتفاع نسبة الملوحة والانضغاط التي تتعرض لها وتؤثر هذه الخواص في نشوء التيارات البحرية السفلية واتجاهاتها وسرعاتها وليس للرياح او لاي عامل اخر اثرا في ذلك.

**الكثافة:**

تتشكل كثافة المياه تبعا لاختلاف كل من درجة الحرارة ونسبة ملوحة المياه والضغط الواقع عليها (أي إختلاف عمق المياه) ومن ثم فإن العوامل تؤثر بدورها في تنوع كثافة المياه لما ذا تختلف درجة حرارة المياه من مسطح مائى الى اخر بل وتختلف في المسطح المائي الواحد على الاعماق المختلفة فإن كثافة مياه البحار تختلف بالكتل المائية أفقياً وراسياً كذلك وتحسب الكثافة بالجرام لكل سنتيمتر مكعب.

**لون مياه البحار والمحيطات:**

يتميز الماء النقى بأنه عديم اللون إلا مياه البحار والمحيطات تبدو بألوان مختلفة فنجد البحار العميقة المفتوحة Open Oceans خاصة في العروض السفلى والوسطى نجدها كثيراً ما تظهر باللون الأزرق فيما تظهر مياه البحر الساحلية باللون الاخضر، أما مصبات الأنهار الكبرى فتتميز باللون البني المائل للحمرة.

**أما عن العوامل التي تشكل مياه بألوان مختلفة فهي:**

- تغلغل الأشعة الضوئية الشمس في مياه البحر واختلاف أنواعها تبعاً لعمق المياه حيث تنتشر الاشعة الضوئية الحمراء بالمياه السطحية وتغلغل الأشعة البرتقالية ثم الصفراء ثم الخضراء خلال المياه شبة السطحية بالترتيب.

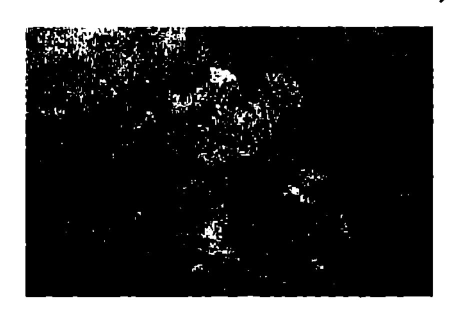
- تكون الشعاب المرجانية ببعض المسطحات وتتغلغل الأشعة البرتقالية ثم الصفراء ثم الخضراء خلال المياه شبه السطحية بالترتيب.
- الطحالب حيث تعزى المياه البنية المائلة للحمرة في البحر الأحمر وبحر فرميليون Vermilion Sea بخليج كاليفورنيا إلى انتشار الطحالب، كما تعمل الطحالب المعروفة باسم انابيا Anabaena على صبغ ماء البحر الأزرق الداكن.
- تعمل كائنات الدياتوم Diatoms والدينو فلاجلاتس Dino Flaglates على تشكيل المياه البحرية باللون الأخضر.
- وجود المواد الغير عضوية العالقة والمذابة بمياه البحر.
- جدير بالذكر أن تسرب البترول من الشاحنات وإلقاء مخلفات السفن وصرف مياه الصرف الصحي بمياه البحر يؤثر على درجة نقاء المياه ومدى شفافيتها ويؤثر بالسلب على الوان المياه في تلك المنطقة.

**إنفاذ الضوء:**

نتيجة لشفافية المياه تستطيع الأشعة الضولية للشمس أن تخترق طبقة سميكة منها فتخترق الأشعة الضوئية للشمس الطبقة السطحية بسهولة وتقل كمية الضوء كلما زاد العمق حتى يتلاشى الضوء نهائياً في الأعماق السحيقة.

**الحياة في البحار:**

يشغل البحر مساحة من سطح الأرض أكبر مما تشغله اليابسة وهو موطن للملايين من الكائنات وتعيش في البحر حيوانات ونباتات من مختلف الاشكال والالوان والاحجام، وحيوانات البحر ونباتاته هامة جدا بالنسبة للانسان كمصدر للطعام فهناك من حيوانات البحر مثل السرطان والجراد والاسماك والعديد من انواع الاسماك الصدفية ما يمكننا تناولة كطعام.



**الفرق بين البحر والمحيط:**

الفرق بين البحر والمحيط يعتمد على عدة عوامل، وهي الحجم، طبيعة السواحل، عمق القاع، درجة ملوحة المياه بالنسبة لمساحة البحر فهي أصغر من المحيط، وعمق البحر لايزيد عن 2000 متر، ومن الفوارق الأساسية بين البحر والمحيط أن البحر يكون عبارة عن مساحة محاطة باليابسة بنسب واشكال مختلفة، كما تتميز البحار عن المحيطات بوجود تنوع بيولوجي فيها أكبر من التنوع المتوفر في المحيطات. الاختلاف في عمق البحر والمحيط يجعل البحر اكثر تأثرا بكثير من الظواهر الطبيعية أهمها ظاهرة المد والجزر، كما يجعلها شديدة التأثر بظاهرة الاحتباس الحراري.

**النباتات البحرية:**

تتكون الحياة النباتية للشاطيء اساسا من انواع مختلفة من الطحالب، وهناك نوعان من الطحالب – الطحالب التي تجرفها التيارات والطحالب الثابتة، والنوع الاول صغير الحجم جدا واغلبة يتكون من خلية واحدة ولكنها تستطيع ان تنمو مثل اي نبات اخر.

اما النوع الثاني الطحالب الثابتة او طحالب البحر فهي كبيرة الحجم من الوان متعددة ولعتبر الطحالب أكثر النباتات أهمية لانها تزود الملايين من حيوانات البحر بما تحتاج إليه من طعام كما تصلح ايضا غذاء للإنسان.



حركة البحر:

حركة البحر عبارة عن مد وجزر. كما يوجد تيارات بحرية ايضا ولها اثرها في حركة المياه. ويلاحظ تاثير القمر على حركتي المد والجزر.

قائمة بحار العالم:

- البحر المتوسط.
- البحر الميت: وهو أخفض بقعة في العالم، وأشد البحار ملوحةً.
- البحر الأحمر.
- خليج عدن.
- الخليج العربي.
- خليج عمان.
- بحر العرب.
- خليج البنغال.
- خليج تايلند.

- بحر جاوة.
- بحر اندامان.
- بحر إيجة.
- البحر الأسود.

وايضا:

1. البحرالابيض
2. البحر الاحمر
3. البحرالادرياتيكي (الادرياني)
4. البحر الاسود
5. البحر الاصفر
6. البحر الايرلندي
7. البحر الايوني
8. بحر آرال
9. بحر ازرف
10. بحر امندس
11. بحر اوخوتسك
12. بحر ايجه
13. بحر بارانتس
14. بحر بفان
15. بحر باندا
16. بحر البلطيق
17. بحر بيللنكوشسن
18. بحر بيرنك
19. بحر بيفور
20. بحر التيراني

21. بحر تسمانيا تيمور
22. بحر خليج البنغال
23. بحر الخليج العربي
24. بحر خليج المكسيك
25. بحر خليج هندسون
26. بحر روس
27. بحر سيبيريا
28. بحر الشمال
29. بحر الصين الجنوبي
30. بحر الصين الشمالي
31. بحر العرب
32. بحر قزوين
33. بحر كارا
34. بحر الكاريبي
35. بحر كورال
36. بحر لابتيف
37. بحر الليغوري
38. بحر المتوسط
39. بحر مرمرة
40. بحر الميت
41. بحرويدل
42. بحر اليابان

**الأمـواج البحريـة.. كيـف تنشـأ؟ مـاهي أسبابهـا-**

**الأمــواج:**



حينما يضطرب سطح البحر تنشأ الأمواج. واهم مـايميز حركة الموجه انه حينما تمر على سطح الماء بسرعه معينه، فان المياه نفسها تعلو وتنخفض في حركه متسقه منتظمه. وهناك ارتباط بين طول الموجه وقوتها وعمق المياه وهو يقاس بعمليات حسابيه تفسر الأختلاف في اتجاه او خط سير الأمواج التي تنشأ في مياه عميقه، وحين تصل الى مياه ضحله. وتنشأ الأمـواج عاده من هبوب الرياح والعواصف، فمعظم الأمواج ناتجه عن تأثير حركة الرياح على الماء. غير ان الأمواج قد تنشأ بتأثير حركات المد والجزر. كما تنشأ ايضا من تأثير الزلازل والبراكين في قاع المحيط. ونظام سير الأمواج في البحار والمحيطات نظام مضطرب، فهو خليط من الأمـواج في شكل مجموعات او سلاسل، تختلط ببعضها في تناسق وتسابق وتلاحق مستمر.

وتتباين المجموعات الموجيه بحسب مكان نشأتها. وطريقة تلك النشاه ويحسب سرعتها واتجاه حركتها. فبعض المجموعات تنشأ لتموت، وبعضها يقطع مسافات هائله، قد يصل بعدها الى السواحل عاليا فيحدث التخريب والتدمير.ولكل موجه ارتفاع يقاس من قاعها الى قمتها ولها طول يعبر عنه بالمسافه بين قمتها وقمة الموجه التاليه لها اما مدة الموجه فهو تعبير يقصد به الفتره الزمنيه بين

لحظتي مرور قمتيين متتاليتين بنقطه معينه. وهذه المقاييس متغيره وغير ثابته وتربط بعمق المياه وبحركة الرياح. وجدير بالذكر ان كتلة المياه لاتتحرك ولا تنتقل مع الموجه، ولكن الذي ينتقل هو الطاقه الدافعه. فجزئيات الماء في مسار دائري او بيضاوي يتعامد على خط مرور الموجه، ثم تعود قريبا جدا من مكانها الأصلي. ولوتحركت كتل الماء مع الأمواج بالفعل لأصبحت الملاحه البحريه مستحيله ولتعذرت السكن بجوار السواحل البحريه. ويمكن تمثيل حركة الموجه بقطعه من الفلين تطفو فوق مياه متماوجه فأنها تعلو وتنخفض مع الموج، ولكنها لتكاد تغير موضعها مالم تجرفها بالفعل رياح او تيار مائي. وشبيه بذلك تمايل سنابل القمح، وتموجها مع الريح. وتنشأ اكبر الامواج في المحيطات لاتساع المجال الذي يعبر عنه بطول الإمتداد وهو المسافة التي يقطعها الامواج مدفوهة برياح دائمة الهبوب في اتجاه واحد دون ان يعترضها عائق. وكلما كبر الامواج كلما ازداد ارتفاعها. فامتداد الامواج الضخمة في المحيطات التي تدفعها رياح تصل في سرعتها سرعة العواصف. يصل الى نحو 1000 كيلو متر. فالامواج الضخمة لا يمكن ان تنشأ في بحر ضيق او خليج.

**العلاقه بين الرياح وحركة الأمواج:**

حينما تهب ريح ذات قوه معلومه لفتره او لمسافه غير محدوده على سطح المياه تنشأ امواج لها ارتفاع ومده معينه، ويمكن تقرير ماياتي:

1. بالنسبه لرياح ذات قوه معينه يزداد ارتفاع الموجه مع ازدياد المسافه التي هبت عليها الرياح.
2. كلما ازدادت فترة هبوب الرياح بقوه معلومه، ازدادت سرعة حركة الأمواج، وبالتالي تزداد فترات الأمواج وارتفاعاتها.
3. بالنسبه لرياح تهب على مسافه معلومه، نجد ان كلما اشتد هبوبها فان ارتفاع الأمواج يزداد.

4. بالنسبه لرياح تهب على مسافه معلومه نجد ان كلما اشتد هبوبها تعظم قوة الأمواج، وبالتدريج تزداد مددها وارتفاعاتها.

## مضاعفات الأمواج:

تعمل المياه الضحلة والأرصفة الصخرية والجزر الساحلية عند فتحات الخلجان على اضمحلال الأمواج. فالأمواج الطويلة التي تندفع من عرض المحيط نحو السواحل الشمالية لولايات انجلترا الجديده بالولايات المتحدة، قلما تصل اليها بكامل عنفوانها، اذ يستهلك قسم كبير من طاقتها اثناء مروره بالشقوق الصخرية والتلال البحرية والجزر المتاخمه للسواحل، وتعمل الشعاب المرجانية ايضا على استنفاذ طاقة الأمواج، حيث تتكسر عليها فتصل الى السواحل الضعيفة، وقد لا تصلها اطلاقا.

ويعمل الجليد والثلج المتساقط والأمطار على تهدئة قوة الأمواج، وقد تقضي عليها. فالأمواج تتكسر على حواف الجليد، كما تعمل بلوراته عل تخفيف حدتها، وهطول المطر المفاجئ يستنفذ طاقة الموج العالي. وللزيوت ايضا تأثير مهدئ للأمواج المتحركة في عرض البحر. وتستعين بها السفن بألقائها في الموج الثائر في حالت الطوارئ.

## قدرة الأمواج:

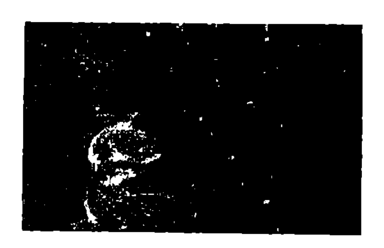
تتحرك الأمواج في المسطحات المائيه الجنوبيه حركه حره، فهي لاتتكسر على السواحل، وانما تدور حول الأرض، وهي تفوق امواج المسطحات المائيه الأخرى في طولها واتساع قممها ولكنها ليست اكثر الأمواج ارتفاعا. ويبلغ اقصى ارتفاع تبلغه الأمواج نحو (7،5) متر 25 قدما ولكن ارتفاع امواج العواصف قد يصل الى ضعف ذلك الرقم واقصى رقم سجل لارتفاع الأمواج بلغ (33،6) مترا 112 قدما. ولكن ذلك نادر الحدوث.

ولكي نتصور مقدار قدرة الأمواج الضخمه نذكر انها استطاعت ان تحطم حاجز الأمواج عند (ويك) على ساحل اسكتلندا، وان ترفع كتله من الصخر والخرسانه تبلغ زنتها 1350 طنا، وذلك في عاصفه ثارت في شهر ديسمبر سنة (1877) ميلادي وبعد مرور خمسة اعوام هبت عاصفه اخرى استطاعت امواجها ان تكتسح الحاجز الجديد الذي بلغ زنته (2600) طنا.

والأمواج عامل هام من عوامل النحت والأرساب، فهي تحطم السواحل وتنحت في تكويناتها وتعمل على تآكلها وتكون الكهوف والمغارات البحريه وتنتزع كميات كبيره من رمال الشواطئ كما انها قد ترسب مكونه حاجزا او جزيره صغيره.

الأمواج الزلزالية:

يطلق اسم الأمواج المدية على نوعين متباينين من الأمواج ليس لأحدهما صله بحركات المد والنوع الأول ينشأ عن الزلازل التي تحدث في قاع المحيط، والثاني تسببه الرياح الشديدة او العواصف العاتية.



وتنشأ معظم الأمواج الزلزالية البحرية التي يطلق عليها تسونامي في الأخاديد والأحواض البحرية العميقة. ففي اخاديد الكاما والوشيان واليابان نشأت امواج اطاحت بحياة الكثيرين من البشر. فمثل هذه الأخاديد تحتل من قاع المحيط مكانا ضعيفا غير ثابت يصيبه الأختلال وعدم الأتزان، مما يولد الكثير من الزلازل التي تسبب الأمواج الثائرة الكبيرة، التي تخرب المنشآت الساحلية.

وقد تعرضت سواحل كثيره لدمار تلك الأمواج التسوناميه خلال فترات التاريخ منها بعض سواحل البحر المتوسط الشرقي، وسواحل شبه جزيرة ايبريا وسواحل غرب امريكا الجنوبيه، وسواحل اليابان وجزر هاواي. وقد تعرضت الأخيره في ابريل سنة (1846) لتلك الأمواج التسوناميه المدمره فأحدثت في سواحلها التخريب والتدمير.

وقد حدث الزلزال في اخدود الوشيان الذي يبعد عن جزر هاواي بحوالي 3700 كيلو متر فنشأت عنه امواج هائله بلغ طول الموجه بين كل قمتين متتاليتين حوال 145 كيلو متر ووصلت الأمواج الى جزر هاواي في سرعه مذهله بلغت نحو 750 كيلو متر وقد تعاون المختصون في الزلازل والأمواج والمد في وضع نظام لحماية جزر هاواي، وذلك بأنشاء شبكه من محطات التنبؤ موزعه في المحيط الهادي، لتحذير سكان الجزر من أخطار تلك الأمواج المدمره.



**اهمية البحار والمحيطات وتأثيرها على البيئة والحياة:**

تشغل مياه البحار والمحيطات 70٪ من مساحة الكرة الأرضية، ولو تم توزيع هذه المياه على سطح الكرة الأرضية التي تبلغ مساحتها 510 ملايين كم$^2$، لغطت المياه الأرض بطبقة مائية يبلغ ارتفاعها 2.4 كم، فهي تشارك في دورة المياه في الطبيعة من خلال الإشعاع الشمسي الذي يبخر جميع المياه التي لا تلبث أن ترتفع إلى الجو فتحملها الكتل الهوائية إلى مسافات بعيدة تتجاوز آلاف الكيلومترات في

كثير من الأحيان، وقد تخترق قارات كاملة ثم يحدث التكاثف في الجو عند حدوث ظروف طبيعية معينة وتشكل السحب التي تؤدي إلى سقوط الأمطار والثلوج التي لا تلبث أن تعود مرة أخرى إلى الأرض وإلى البحار والمحيطات وهذا إن دل على شيء إنما يدل على ارتباط البحار والمحيطات باليابسة وتأثير كل منهما على الآخر ويكون الترابط على الشكل التالي:

1. تبادل الرطوبة بين المحيطات والبحار والقارات والمحيطات ترسل البخار وتهطالها إلى القارات تتكاثف هناك لتعود مرة ثانية إلى المحيطات عن طريق المجاري الباطنية والسطحية وعن طريق بخار الماء.
2. التبادل الحراري واختلاف السعة الحرورية لكلا السطحين واختلاف درجة طرق تسخنها فصلياً ما يؤثر على نشوء مراكز ضغط جوي مختلفة وانتقال الكتل الهوائية من مراكز الضغط المرتفع باتجاه مراكز الضغط المنخفض، وكذلك بسبب السعة الحرورية الكبيرة للمحيطات التي تتسخن ببطء وتفقد الحرارة ببطء ونجد أن هذه الأحواض تمثل خزانات كبيرة للحرارة تطلقها في الفترات الباردة من السنة، وهنا يكون دور التيارات البحرية كبير جداً في التأثير على اليابسة عندما تقوم بانتقال جزء من المياه السطحية للبحار لمسافات طويلة تحمل صفات المنطقة المقبلة منها كتيار الخليج الدافئ الذي يحمل الدفء إلى غرب أوروبا ويسبب هطول الأمطار الدائم فيها ويمنع تجمد الموانئ حتى خطوط عرض عليا على عكس تيار (لابرادور) البارد المقبل من القطب الشمالي البارد الذي يسبب تجمد موانئ شرق كندا على خطوط العرض نفسها في أوروبا الغربية.




3. تبادل مادي عن طريق نقل الأملاح والعناصر الكيمياوية المختلفة بوساطة بخار الماء والأمواج البحرية وطغيان البحار والمحيطات على اليابسة، كما أن القارات ترد المحيطات بسيل متصل من المجروفات الصخرية والعناصر الكيمياوية المختلفة عن طريق السواحل بوساطة الأنهار والمياه الباطنية.
4. ارتباط عضوي وهذا شكل آخر للعلاقة بين اليابسة والمحيطات، فهي غنية بعالميها الحيواني والنباتي والإنسان في حاجة ماسة لهذه الثروات لمحتويات المحيط من الثروات المعدنية المختلفة كما تجدر الإشارة على أن اختلاف مستوى المحيطات يؤثر بشدة على مساحة القارات فإذا ارتفع مستواها إلى 200م نرى أنها تغمر 3٪ من مساحة اليابسة، أما إن ارتفعت القارات بهذا المقدار نفسه، فإنها تقلص أكثر من 8٪ من مساحة المحيطات، وإن ارتفعت المحيطات إلى 1000م يغمر 71٪ من القارات، بينما لا يغمر من المحيطات أكثر من 12٪ لو ارتفع لمستوى القارات بالقيمة المذكورة نفسها.

**أهمية البحار الاقتصادية:**

تأتي أهمية البحار الاقتصادية بأنها مراكز للصيد ومكامن الثروة الحيوانية والنباتية والثروات المعدنية، وتتشكل فيها أوساط طبيعية غنية بالكائنات الحية النباتية والحيوانية ذات الأهمية الكبرى للإنسان، وعالم البحار والمحيطات أشبه بعالم اليابسة من حيث تنوع المحاصيل والمنتجات وعليه نشاهد أن النشاط

البشري يتركز على السواحل بمصائد الأسماك الكبيرة والصناعات السمكية المتطورة كثيراً، وهو نشاط اقتصادي حيوي ومهم، يلعب دوراً كبيراً في الدخل القومي ويعطي معظم الصناعات ما يعادل 30 مليون طن في السنة، وقدر ان كتلة المواد النباتية في المحيطات تعادل 16 مليار طن، بالإضافة إلى ثروات معدنية شاطئية، إضافة إلى الدور الأساسي في عملية النقل البحري واستخدام الموانئ المهمة في عملية التبادل التجاري بين الدول ودور الدول المهم التي تمتلك موانئ وواجهات بحرية.

كما أن للبحار دوراً كبيراً في تحريك السفن الشراعية منذ القديم من خلال نسيم البر والبحر، فنسيم البحر يتم نهاراً بسبب اكتساب اليابسة الحرارة في النهار، حيث يتشكل ضغط منخفض بينما الماء بارد نهاراً وعليه ضغط مرتفع وفي هذه الحال يسمى نسيم البحر، وعكس ذلك يكون نسيم البر حيث في الليل الدفء في المياه ويتشكل ضغط منخفض، بينما اليابسة تفقد الحرارة ويتشكل ضغط مرتفع مما يدفع نسيم البر باتجاه البحر ويستفاد في كلا الحالين من هذه الظاهرة في الصيد البحري، إذ إن الصيادين يرفعون الأشرعة ليلاً فيدفعهم نسيم البر باتجاه البحر، وفي أثناء العودة يدفعهم نسيم البحر نهاراً باتجاه الساحل

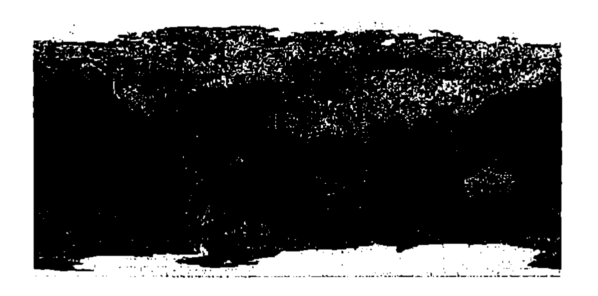
**التركيب الفيزيائي والكيمياوي لمياه البحار والمحيطات:**

1. الملوحة والطعم المر بسبب التبخر الذي يؤدي إلى تملح السطح الخارجي للمحيطات والبحار كما تعمل الرياح على زيادة التبخر ميكانيكياً ويتناسب عملها مع شدة هبوبها وكذلك الظروف الحرارية، اي كلما ازدادت الحرارة ازداد التبخر والتملح يكون اكبر وكذلك قلة التهاطل.
2. الوزن النوعي لمياه البحار أكبر من الوزن النوعي للمياه العذبة.
3. لا تحل مياه البحار والمحيطات الصابون.

4. لا يمكن استعمالها في أغراض الري والشرب والآلات البخارية مباشرة، وهذا يعود لاختلاف طبيعة المواد الكيمياوية والمركبات الملحية التي تحتويها المياه المالحة البحرية.

**الغلاف الحيوي:**

الغلاف الحيوي هو الحيز الذي توجد به الحياة ويمتد من أكبر عمق توجد به حياة في البحار إلى أعلى ارتفاع توجد عليه الحياة في الجبال.



**وصف الغلاف الحيوي:**

يصل سمك الغف الحيوي إلى 14 كم تقريبا ومكوناته:

- يشمل جميع الكائنات الحية.
- أجزاء من القشرة الارضية.
- الطبقات السفلى من الغلاف الهوائي.




**الغلاف الحيوي:**

تعيش الكائنات المختلفة في طبقة رقيقة تحيط بالكرة الأرضية تسمى بالغلاف الجوي (Biosphere)، ولهذا الغلاف اهمية كبيرة ليس فقط لأنه الوسط الذي تعيش فيه وتتكاثر الكائنات الحية، وإنما لأنه يشكل أيضاً المكان الذي تجري فيه التغيرات الأساسية الفيزيائية والكيميائية التي تطرأ على المواد غير الحية من الكرة الأرضية. هذا الغلاف الحيوي الذي نعيش بين أحضانه ونتنفس من هوائه، تعاني أجزاؤه المختلفة الأرضية والمائية والهوائية من التلوث في الوقت الحالي. وقد عمت آثار التلوث أقطار العالم قاطبة، وهددت مخاطرها البشر في مختلف البقاع. يمكننا القول عن الغلاف الحيوي بأنه ذلك الجزء من الغلاف الجوي والماء واليابسة الذي تعيش فيه الكائنات الحية وتتزود بما يلزمها من مواد لتحيا وتشمل الكائنات الحية: (الإنسان، النباتات، الحيوانات والكائنات الحيّة الدقيقة) يجري تبادل كميات كبيرة من ثاني أكسيد الكربون بين الغلاف الحيوي والغلاف الجوي: حيث تأخذ النباتات ثاني اكسيد الكربون من الغلاف الجوي وتُعطي الأكسجين له في عملية صنع الغذاء. وتأخذ الكائنات الحية الأكسجين وتطلق ثاني اكسيد الكربون في عملية التنفس:

**أما مكونات الغلاف الحيوي للبيئة فتقسم الى قسمين:**

1) **العناصر غير الحية للبيئة: وهي مكونة من ثلاثة اغلفة:**

أ. الغلاف المائي: حيث تشكل المياه النسبة العظمى من هذا الغلاف، والتي توجد في المحيطات والبحار والبحيرات والأنهار والمياه الجوفية وعلى شكل جليد وتقدر بحوالي 1.5 بليون كم$^3$ يشكل الماء المالح 95- 97٪ منها، في حين ان الماء العذب يشكل 3- 5٪ فقط. ومع ان كمية المياه العذبة الموجودة محدودة فإن هناك تزايد مستمر في استهلاك المياه نتيجة للزيادة في عدد السكان والزيادة في الاستهلاك الزراعي والصناعي.

ب. الغلاف الجوي: ويشمل الغازات والأبخرة، ومن أهم الغازات الأكسجين، والنيتروجين، وثاني أكسيد الكربون.

ج. اليابسة: حيث تمثل الأجزاء الصلبة والتربة جزء من هذا الغلاف كذلك تشمل المعادن.

**العلاقة بين مكونات البيئة:**

هنالك علاقة وثيقة بين العناصر الطبيعية والحياتية الموجودة حول وداخل سطح الكرة الأرضية ومكوناتها المختلفة، تبرز من خلال علاقات وإرتباطات وظيفية معقدة ترتبط جميعها بما يسمى بالنظام البيئي. فالنظام البيئي يعرف على أنه التفاعل المنظم والمستمر بين عناصر البيئة الحية وغير الحية، وما يولده هذا التفاعل من توازن بين عناصر البيئة. أما التوازن البيئي فمعناه قدرة البيئة الطبيعية على إعالة الحياة على سطح الأرض دون مشكلات أو مخاطر تمس الحياة البشرية.

ولعل التوازن البيئي على سطح الكرة الأرضية ما هو إلا جزء من التوازن الدقيق في نظام الكون، وهذا يعني أن عناصر أو معطيات البيئة تحافظ على وجودها ونسبها المحددة كما أوجدها الله. ولكن الإنسان بلغ في تأثيره على بيئته مراحل

تنذر بالخطر، إذ تجاوز في بعض الأحوال قدرة النظم البيئية الطبيعية على إحتمال هذه التغيرات، وإحداث إختلالات بيئية تكاد تهدد حياة الإنسان وبقائه على سطح الأرض. ولكن وقبل الخوض في هذه الاختلالات فلا بد من التحدث عن مكونات النظام البيئي.

2) المكونات الحية للغلاف الحيوي للبيئة:

وهي تشمل جميع الكائنات الحية التي تشترك في بعض الجوانب كالإحساس والحركة والنمو والتنفس. ومن هذه المكونات الإنسان والكائنات الحية الأولية كالطحالب والبكتيريا والفطريات ثم النباتات والحيوانات بأنواعها المختلفة.

إختلال التوازن البيئي:

إن التفاعل بين مكونات البيئة عملية مستمرة تؤدي في النهاية الى إحتفاظ البيئة بتوازنها ما لم ينشأ إختلال نتيجة لتغير بعض الظروف الطبيعية كالحرارة والأمطار أو نتيجة لتغير الظروف الحيوية أو نتيجة لتدخل الإنسان المباشر في تغير ظروف البيئة.

فالتغير في الظروف الطبيعية يؤدي الى إختفاء بعض الكائنات الحية وظهور كائنات أخرى، مما يؤدي الى إختلال في التوازن والذي يأخذ فترة زمنية قد تطول أو تقصر حتى يحدث توازن جديد. وأكبر دليل على ذلك هو إختفاء الزواحف الضخمة نتيجة لإختلاف الظروف الطبيعية للبيئة في العصور الوسطى مما أدى الى انقراضها فاختلت البيئة ثم عادت الى حالة التوازن في إطار الظروف الجديدة بعد ذلك. كذلك فإن محاولات نقل كائنات حية من مكان الى آخر والقضاء على بعض الأحياء يؤدي الى إختلال في التوازن البيئي.

غير ان تدخل الإنسان المباشر في البيئة يعتبر السبب الرئيسي في إختلال التوازن البيئي، فتغير المعالم الطبيعية من تجفيف للبحيرات، وبناء السدود، وإقتلاع الغابات، وردم المستنقعات، واستخراج المعادن ومصادر الاحتراق، وفضلات الإنسان السائلة والصلبة والغازية، هذا بالإضافة الى إستخدام المبيدات والأسمدة كلها تؤدي الى إخلال بالتوازن البيئي، حيث ان هناك الكثير من الأوساط البيئية تهددها اخطار جسيمة تنذر بتدمير الحياة بأشكالها المختلفة على سطح الأرض، فالغلاف الغازي لا سيما في المدن والمناطق الصناعية تتعرض الى تلوث شديد، ونسمع بين فترة وأخرى عن تكون السحب السوداء والصفراء السامة والتي كانت السبب الرئيسي في موت العديد من الكائنات الحية وخصوصا الإنسان.

أضف الى ذلك ما يتعرض إليه الغلاف المائي من تلوث من خلال استنزاف الثروات المعدنية والغذائية هذا بالإضافة الى إلقاء الفضلات الصناعية والمياه العادمة ودفن النفايات الخطرة. أما اليابسة فحدث ولا حرج، فإلقاء النفايات والمياه العادمة وإقتلاع الغابات وتدمير الجبال وفتح الشوارع وازدياد أعداد وسائط النقل وغيرها الكثير أدى الى تدهور في خصوبة التربة وإنتشار الأمراض والأوبئة خصوصا المزمنة والتي تحدث بعد فترة زمنية من التعرض لها.

وبالرغم من تقدم الإنسان العلمي والتكنولوجي والذي كان من المفروض أن يستفيد منه لتحسين نوعية حياته والمحافظة على بيئته الطبيعية، فإنه أصبح ضحية لهذا التقدم التكنولوجي الذي أضر بالبيئة الطبيعية وجعلها في كثير من الأحيان غير ملائمة لحياته وذلك بسبب تجاهله للقوانين الطبيعية المنظمة للحياة. وعليه فإن المحافظة على البيئة وسلامة النظم البيئية وتوازنها أصبح اليوم يشكل الشغل الشاغل للإنسان المعاصر من أجل المحافظة على سلامة الجنس البشري من الفناء.

**الغلاف الحيوي في خطر:**

أن تأثير التسخين الناتج عن "غازات الاحتباس الحراري" على الغلاف الجوي الأرضي ظاهرة لا جدال فيها. بدونها، سوف تغطى الكرة الأرضية بالجليد ولآلاف السنين، خلق وجود هذه الغازات وبمستوى ثابت نوع ما، بيئة معتدلة نمت فيها الحضارات المختلفة.

في القرن الواحد وعشرين، يمكن للنشاطات البشرية أن تضاعف من ظاهرة الاحتباس الحراري هذه وفي العصر الجيولوجي، يتم مثل هذا التغير، بصورة مفاجئة وبدون مقدمات.

المرجع

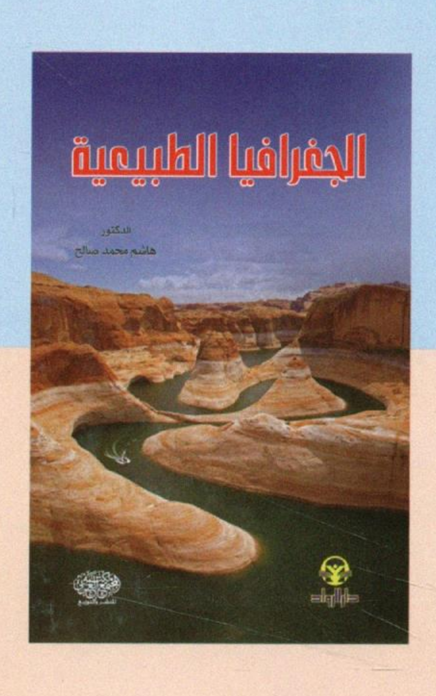

- قشرة الأرض، دراسة جيومورفولوجية، أ. د. محمد صفي الدين ابو العز.
- محمد إبراهيم شرف، جغرافيا المناخ والبيئة
- الأستاذ الدكتور، هادي أحمد الفراجي موجه عام مناهج الجغرافيا، مشغل تدريب موجهي المجال الأول للمادة العلمية: الجغرافيا الطبيعية، 2003م.
- الطيب، جلال الدين، الجغرافيا والبيئة والتنمية، صنعاء: دار الحكمة اليمانية، 1995م.
- جودة حسنين جودة وأبو عيانة، فتحي محمد، قواعد الجغرافيا العامة، الإسكندرية: دار المعرفة الجامعية، 1983م.
- ابو عيانة، فتحي محمد، جغرافية السكن والسكان، الإسكندرية: دار المعرفة الجامعية، 1999م.
- احمد، قادري عبد الباقي، المقدمات في الجغرافيا الطبيعية العامة، تعز، القلم للخدمات المعرفية، 1999م.
- الزوكة، محمد خميس، جغرافية النقل، الإسكندرية: دار المعرفة الجامعية، 1997م.

1. Bagnold, R. A. "The physicis of blown and desert dunes"New York, 1941.
2. Cotton, C.A. "Landscape". Wellington, 1948.
3. Cotton, C. A. "Geomorphology" New York, 4th ed, 1947.
4. Cotton, C. A. "Volcanoes of Landscape". Wellington, 1944.
5. Cvijic, Jovan, "The evolution of Lapies". Geo. Review, Vol, 14, 1924, pp. 26-49.
6. Gautier, E.F. "Sahara: The gret desert" New York, 1935.
7. من مطبوعات جامعة كولومبيا بالولايات المتحدة-Holmes, Sir Arthur "Principles of physical geology" London, 5th ed., 1954.
8. Johnson D. W. "Shore processes and shoreline developmeny" New York, 1919.

9. Lobeck, A. K. "geomorphology: An interoduction to the study of landscapees" New York, 1939.
10. Martonne, Emmanuel de "Triate de georaphie physique" Tome 1., Paris, 1925.
11. Martonne, Emmanule de "A shorter physical geography" New York, 1927.
12. Monkhouse, F. J. "The principles of physical geography" London, 1954.
13. Salisbury, R. D. "phsiography". New York, 1919.
14. Shepard, F. P. "Submarine Geology". New York, 1948.
15. Steers, J, A. "The coastline of England and Wales". Cambridge, 1948.
16. Straler, A. N. "Physical Geography" New York, 1951.
17. Tarr, R. S., and O. D. Von Engeln "New physical Geography" New York, 1933.
18. Htornbury, W. D. "Principles of Geomorphology" New York, 1954.
19. Trewartha, Glenn T. and Finch, Vernon. "Elements of Geography, physical and cultural". New york, 1949.
20. Wooldrige, S. W. and R. S. Morgan "The physical basis of Geography: An outline of geomorphology" London, 1967.
21. Worcester, P. G. "A Textbook of Geomorphology" New York, 1939.
22. Von Engeln, O. D. "Geomorphology', New York, 1942.

23. محمد متولي "وجه الأرض" القاهرة 1945.

24. حسن صادق "الجيولوجيا" القاهرة 1929.




الجغرافيا الطبيعية





الأردن-عمان -وسط البلد- ش. السلط - مجمع الفحيص التجاري- تلفاكس: 2739 463 6 962+

خلوي: 5651920 79 962+ ص.ب 8244 الرمز البريدي 11121 جبل الحسين الشرقي

الأردن - عمان - الجامعة الأردنية - ش. الملكة رانيا العبدالله - مقابل كلية الزراعة - مجمع زهدي حصوة التجاري

www.muj-arabi-pub.com

E-mail:Moj_ pub@hotmail.com






الوكيل المعتمد في ليبيا






نشر - طباعة - توزيع

ليبيا - طرابلس - مجمع ذات العماد - برج 4 - الطابق الأرضي

هاتف: 218213350332/33+ فاكس: 218213350016+

ص. ب: 91969

البريد الإلكتروني: alrowadbooks@yahoo.com

الموقع: www.arrowad.ly